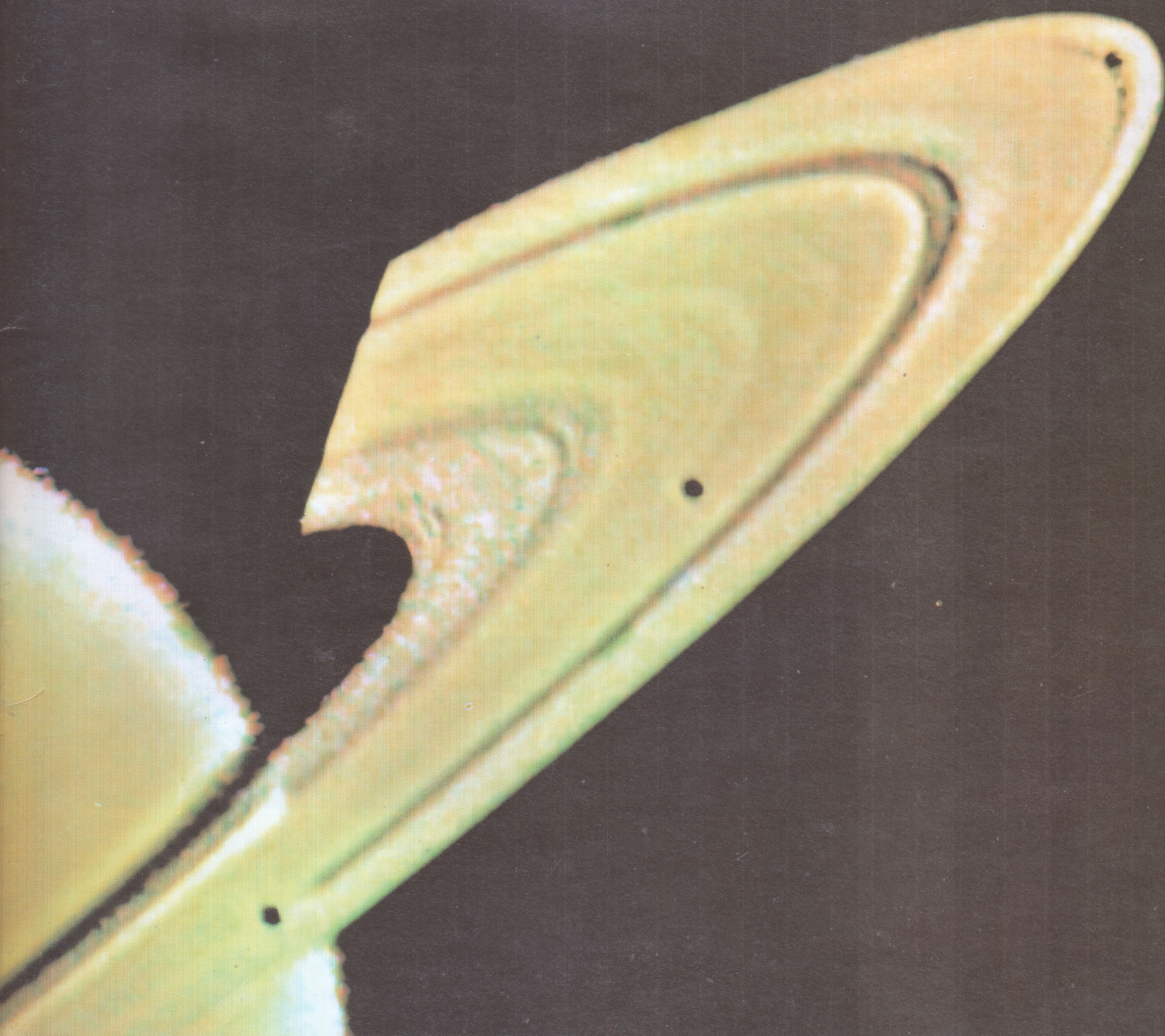
ZENIT 1

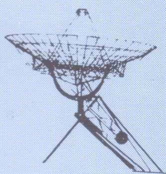
8e jaargang/januari 1981
prijs ƒ 5,75/voor België 85 F

In dit nummer ondermeer

Saturnus van dichtbij
Komeet Halley
Zwaartekrachtstraling

populair wetenschappelijk tijdschrift over sterrenkunde | weerkunde | ruimtevaart | ruimteonderzoek





Populair-wetenschappelijk maandblad over sterrenkunde, weerkunde, ruimtevaart, ruimte-onderzoek en aanverwante wetenschappen en technieken.
Verschijnt onder auspiciën van de Stichting De Koepel.
Aan het maandblad werken samen:
de Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
de Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
de Vereniging voor Sterrenkunde, Meteorologie, Geophysica en Aanverwante Wetenschappen in België.

Bureau:
Stichting De Koepel, Nachtegaalstraat 82 bis, Utrecht, tel. 030-311360, postgiro 3064700 t.n.v. Stichting de Koepel, Utrecht.

Redactie:
G. Schilling, hoofdredacteur; G. W. E. Beekman; J. A. de Rijk; dr. W. de Rop; drs. B. Zwart. Adviseurs: drs. J. A. de Boer en dr. G. P. Können.

Druk:
Samsom-Sijthoff Grafische Bedrijven B.V.

Lay out: Freek Reijmerink.

Abonnementen:
Nederland en België:
ƒ55,50 per jaar, ingaande 1 januari.
Halfjaarlijkse abonnementen, ƒ29,50.
Abonnementen buitenland op aanvraag.
Abonnementen afgesloten in de loop van een jaar zijn geldig tot het einde van dat kalenderjaar. Opzegging van abonnementen uitsluitend schriftelijk vóór 15 november aan het bureau van De Koepel te Utrecht. Bij niet tijdige opzegging wordt het abonnement automatisch voortgezet.
Doordat de edities van juli en augustus worden gekombineerd verschijnen er jaarlijks elf nummers.

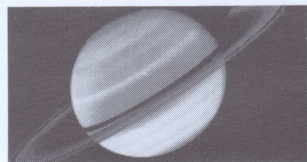
Losse nummers:
ƒ5,75 of 85 Bfr.

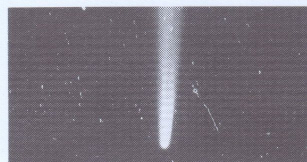
Kopij:
In getypte vorm, met dubbele regelafstand; 60 aanslagen per regel; elk vel papier aan slechts één zijde gebruikt. Kopij Nederlandse auteurs zenden aan: Redactie Zenit, Nachtegaalstraat 82 bis, 3581 AN Utrecht.
Kopij Belgische auteurs zenden aan: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel.

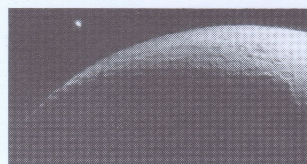
Advertenties:
Intermedia bv postbus 371,
2400 AJ Alphen aan den Rijn
telefoon 01720-6 20 78

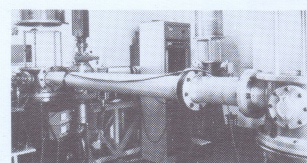
ISSN 0165-0211

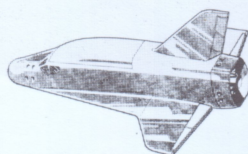
INHOUD











Bij de voorplaat:

De ringen van Saturnus worden hier door computer-bewerking in 'valse kleuren' weergegeven. Van rechtsboven naar Saturnus toe: de smalle F-ring (slechts als vlekje te zien), de A-ring met de smalle scheiding van Encke, de bredere Cassini-scheiding, de brede B-ring met (vaag zichtbaar) twee heldere ringetjes, de Franse scheiding en de C-ring. Aan de rechterkant is Mimas (S 1) te zien. De drie zwarte punten zijn referentiepunten in de TV-camera. Dit beeld is samengesteld uit enkele foto's gemaakt door de Voyager 1 op 13 oktober 1980 op 40 miljoen km van de planeet. Zie verder blz. 2.

Saturnus van dichtbij

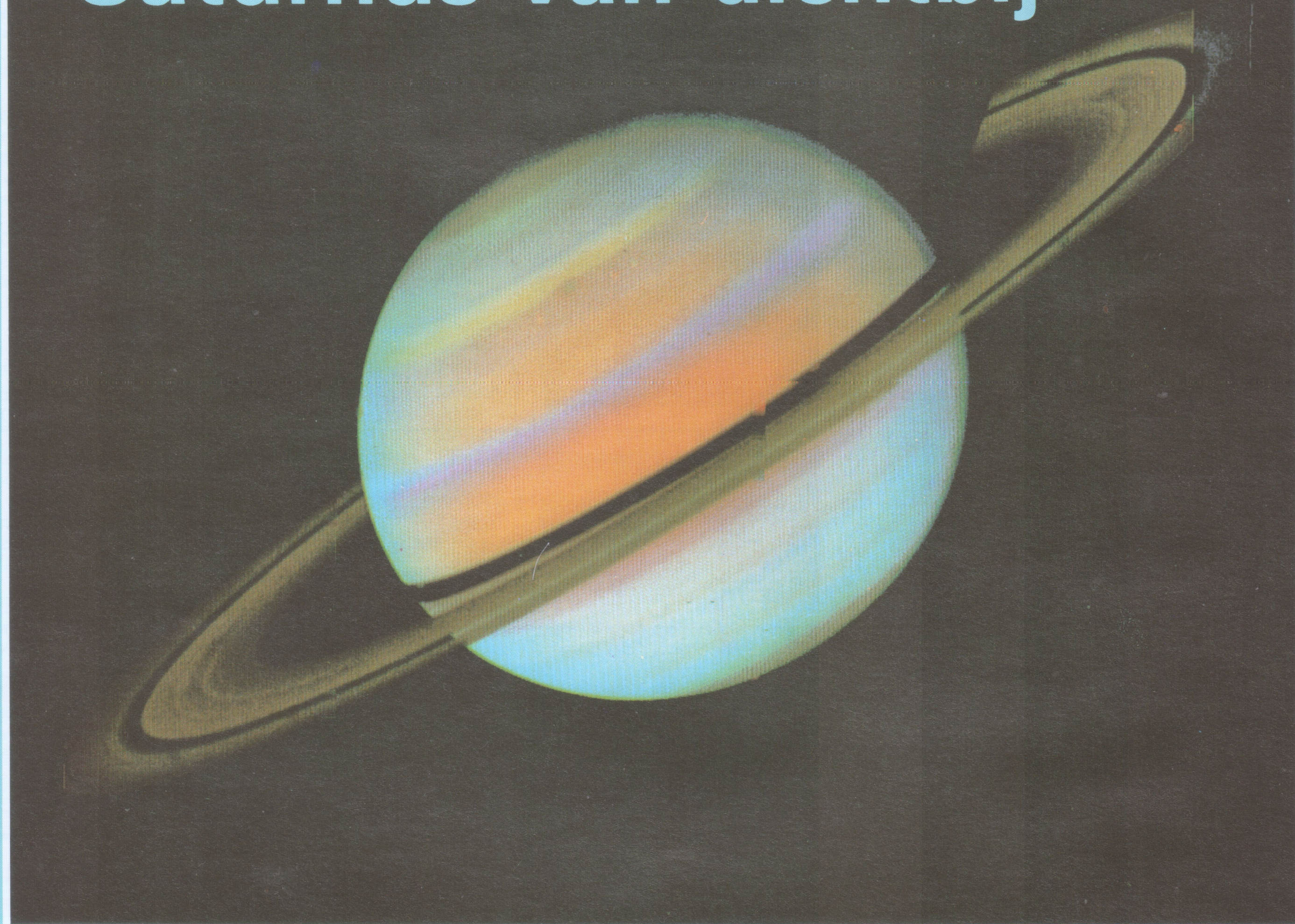


Fig. 1. Dit beeld in 'valse kleuren' laat de zonale struktuur op Saturnus duidelijk zien. De 'paarse' band is de Noordelijke Equatoriale Band, die eigenlijk lichtbruin is. In de Noordelijke Gematigde Band zijn enkele lichte vlekjes met een middellijn van 2000 à 3000 km. Er is ook een donkere vlek met een lichte omtrek die ruim 10 000 km meet. De ringen tonen fijne details. In de B-ring is vaag een donkere, radiale vlek ('spaak') te zien. Dit beeld is samengesteld uit drie opnamen, gemaakt door de Voyager 1 op 18 oktober 1980 vanaf 34 miljoen km met een ultraviolet-, groen- en paarsfilter. Meer blauw betekent meer verstrooiing van het zonlicht.

Op 13 november 1980 om 2h10m MET was de afstand van de Voyager 1 tot Saturnus het kleinst: 124 000 km boven het wolkendek van het zuidelijk halfrond. En via de massamedia hebt U het wellicht al vernomen: het onderzoek van de Saturnusstelsel was weer een geweldig succes. In het bijzonder droegen de twee TV-camera's daartoe bij. Die onthulden de meest ongelooflijke en onverwachte zaken en veroorzaakten een ware opschudding onder de deskundigen, die toch gewend waren aan dramatische gebeurtenissen zoals tijdens de passage van de Voyagers bij Jupiter.

O. NAMBA

Reeds tijdens de 'observatory phase' (zie *Zenit*, 1980, blz. 414) werd duidelijk dat het betrekkelijk eenvoudige 'oppervlak' van Saturnus verschillende wolkenstrukturen laat zien. Zo zijn er op fig. 1 enkele heldere kleine en één grote donkere vlek te zien. De eerste kunnen de toppen zijn van convectief opstijgende wolken terwijl het in het laatste geval kan gaan om een wervel tussen een band en een zone. Op later genomen foto's heeft men ook een rode vlek gevonden op het zuidelijk halfrond. De belangrijkste ontdekking is misschien dat het systeem van ringen van Saturnus niet uit de bekende vier tot zes ringen bestaat, maar uit wellicht een duizendtal concentrische ringetjes, afgewisseld door evenzovele scheidinkjes. Het is interessant op te merken, dat zo'n opbouw reeds door Laplace werd voorspeld in 1785. De Cassini-scheiding is niet zonder meer gevuld met ijle materie, zoals gevonden door de Pioneer 11, maar zij bestaat uit liefst vijf verschillende ringetjes (fig. 2). Het ontstaan van de Cassini- en van de Franse scheiding kan men verklaren (zie *Zenit* 1980, blz. 322). Maar een sluitende theorie over het gehele complex van ringen ontbreekt nog. En om het nog ingewikkelder te maken: enkele ringetjes blijken iets excentrisch te liggen tussen andere die concentrisch zijn. De radiale, donkere vlekken ('spaken') in de B-ring trokken ook veel aandacht en een afbeelding van de 'gevlochten' F-ring werd in elke krant opgenomen De F-ring blijkt uit drie componenten te bestaan. En zowel net binnen als net buiten de F-ring werden tot nu toe onbekende maantjes gevonden.

Diverse bekende manen werden gefotografeerd. Gemiddeld zijn op de foto's details te zien, zoals we onze Maan kunnen waarnemen met een 18 cm telescoop. De meeste manen hebben een bekraterd oppervlak. Van Titan bleek het vaste oppervlak echter niet waarneembaar vanwege de dichte atmosfeer, die voor 99% uit stikstof-moleculen zou bestaan en voor 1% of minder uit methaan. De druk aan het oppervlak wordt geschat op 3 atmosfeer. Er werd geen eigen magneetveld van deze maan aangetoond. Het totale aantal bevestigde satellieten van Saturnus is gestegen tot 16, evenveel als bij Jupiter.

Nu hij zijn belangrijkste taak heeft voltooid, 'vliegt' de Voyager 1 met een snelheid van 1,3 miljoen km per dag verder door de interplanetaire ruimte, uitstijgende boven het eclipticavlak. Hij zet de metingen aan de zonnewind en aan de kosmische straling nog voort.

Alle hier gebruikte foto's zijn afkomstig van NASA/JPL. De foto van fig. 2 werd door Chriet Titulaer ter beschikking gesteld.

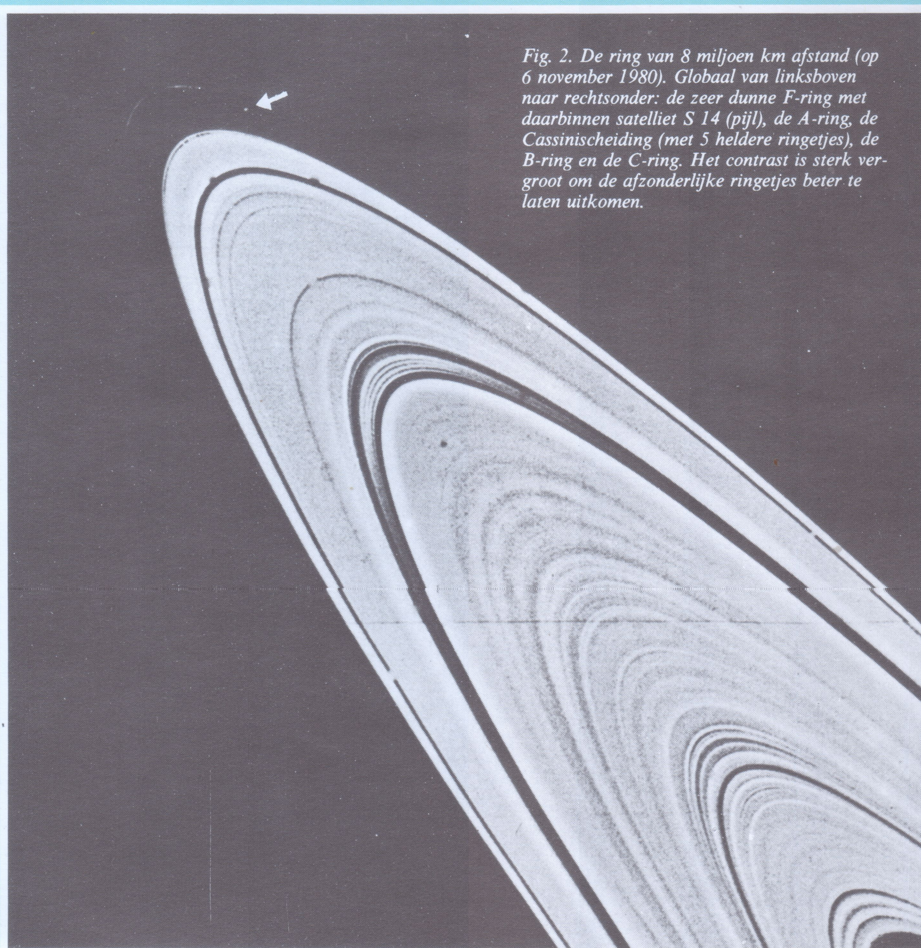


Fig. 2. De ring van 8 miljoen km afstand (op 6 november 1980). Globaal van linksboven naar rechtsonder: de zeer dunne F-ring met daarbinnen satelliet S 14 (pijl), de A-ring, de Cassinischeiding (met 5 heldere ringetjes), de B-ring en de C-ring. Het contrast is sterk vergroot om de afzonderlijke ringetjes beter te laten uitkomen.

Fig. 3. Eén dag na de dichtste passage op 13 november 1980 nam de Voyager 1 deze foto, terugkijkend over zijn 'schouder'. Toen bevond het toestel zich reeds 1,5 miljoen km van de planeet en zijn baan maakte een hoek van 25° met het vlak van de ringen. Saturnus is te zien als een sikkel (Fasehoek ca. 150°) gedeeltelijk dóór de ringen heen. De donkere banden op de sikkel zijn schaduwen van de ringen. Van onder naar boven zien we de F-ring, de A-ring, de Cassini-scheiding, de brede B-ring, de ijle Franse scheiding en de C-ring. Deze foto is overbelicht – waardoor de sikkel erg helder werd – om de onderverdeling in de ringen te verduidelijken. ▼

Komeet Halley in aantocht

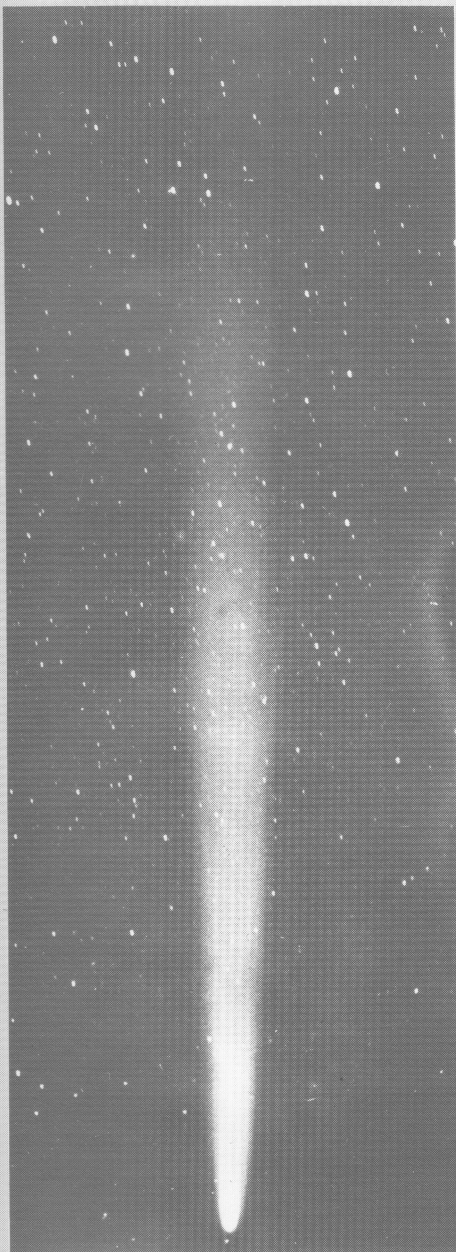


Op 9 februari 1986 zal de komeet Halley opnieuw door het perihelium gaan.

Dit betekent dat in de laatste maanden van 1985 en het eerste halfjaar van 1986 de beroemdste komeet ook met bescheiden kijkers waarneembaar zal zijn. In september 1980 bevond de komeet zich op 15 AE van de zon (tussen de banen van Saturnus en Uranus) en derhalve nog buiten het bereik van de grootste teleskopen. Maar dit zou een kwestie van nog slechts enkele maanden kunnen zijn! In dit artikel zullen eerst historische aspekten betreffende komeet Halley de revue passeren, waarna aandacht geschonken zal worden aan de baan van de komeet en de aanstaande verschijning van 1985/86.

H. Feijth
(waarn. leider Werkgroep Kometen)

Komeet Halley is één van de weinige kometen die niet de naam draagt van de ontdekker, maar van degene die voor het eerst de baan ervan berekend heeft. Edmond Halley (1656-1742), afkomstig uit Londen, was een tijdgenoot van Isaac Newton (1643-1727) en één van de belangrijkste Engelse wetenschappers van zijn tijd. Zo is hij de ontdekker van de eigenbeweging van de sterren en stelde hij de eerste katalogus samen van de zuidelijke sterrenhemel. Het bekendst is hij echter geworden via de komeet die nu zijn naam draagt. Newton had in de jaren tachtig van de zeventiende eeuw bewezen dat de planeten gehoorzamen aan de door hem ontdekte gravitatiewet. Deze wet werd in 1687 gepubliceerd in de *Principia*, een monumentaal boekwerk waarvan de publikatie door Halley bekostigd werd omdat de Royal Society op dat moment slecht bij kas was. Het is aan Halley te danken dat Newton zijn zeer belangrijke ontdekkingen toegankelijk maakte voor het publiek, aangezien Newton, zoals vaker voorkomt bij geniale wetenschappers, bescheiden en teruggetrokken van aard was. Ook bewees Newton dat de kometen tot het zonnestelsel behoren en een paraboolbaan beschrijven om de zon, wat al vermoed was door Dörfel en Leibnitz.
Halley kwam op het idee om van een aantal kometen waarvan goede waarnemingen beschikbaar waren de parabolische baanelementen te bepalen volgens een methode die door Newton ontwikkeld was en ook gepubliceerd was in de *Principia*. Omdat de berekening van de parabolische baanelementen toendertijd een zeer tijdvergende bezigheid was en Halley bovendien een zeer druk bezet man was, kreeg hij pas in 1704 de gelegenheid de berekeningen uit te voeren toen hij tot professor in de geometrie aan de universiteit van Cambridge werd benoemd. Nadat hij van 24 kometen, verschenen tussen 1337 en 1698, de parabolische baanelementen had berekend (deze resultaten werden in 1705 gepubliceerd in de *Synopsis Astronomiae Cometicae*), viel hem de grote overeenkomst op tussen de baanelementen van de kometen van 1531, 1607 en 1682. De komeet van 1531 werd met name waargenomen door Apianus, die toen voor het eerst opmerkte dat de staart van een komeet altijd van de zon af gericht is. Kepler en Longomontanus waren de voornaamste waarnemers van de komeet van 1607, terwijl de komeet van 1682 werd waargenomen door o.a. Picard, Hevelius, Dörfel, Flamsteed en Halley zelf. Ondanks het feit dat de tijdsintervallen tussen de periheliumdoorgangen niet exact gelijk waren (76,14 resp. 74,89 jaar) kreeg Halley het vermoeden dat het hier één en dezelfde komeet betrof. Dit vermoeden werd versterkt toen hij op het idee kwam na te gaan in hoeverre Jupiter en Saturnus door hun grote massa invloed uitgeoefend zouden kunnen hebben op de baan van de komeet. Toen durfde hij de voorspelling te doen dat de komeet van 1682 terug zou komen in 1758. Ook vermoedde hij dat de komeet van 1456, waarvan hij de baan niet had berekend wegens gebrek aan



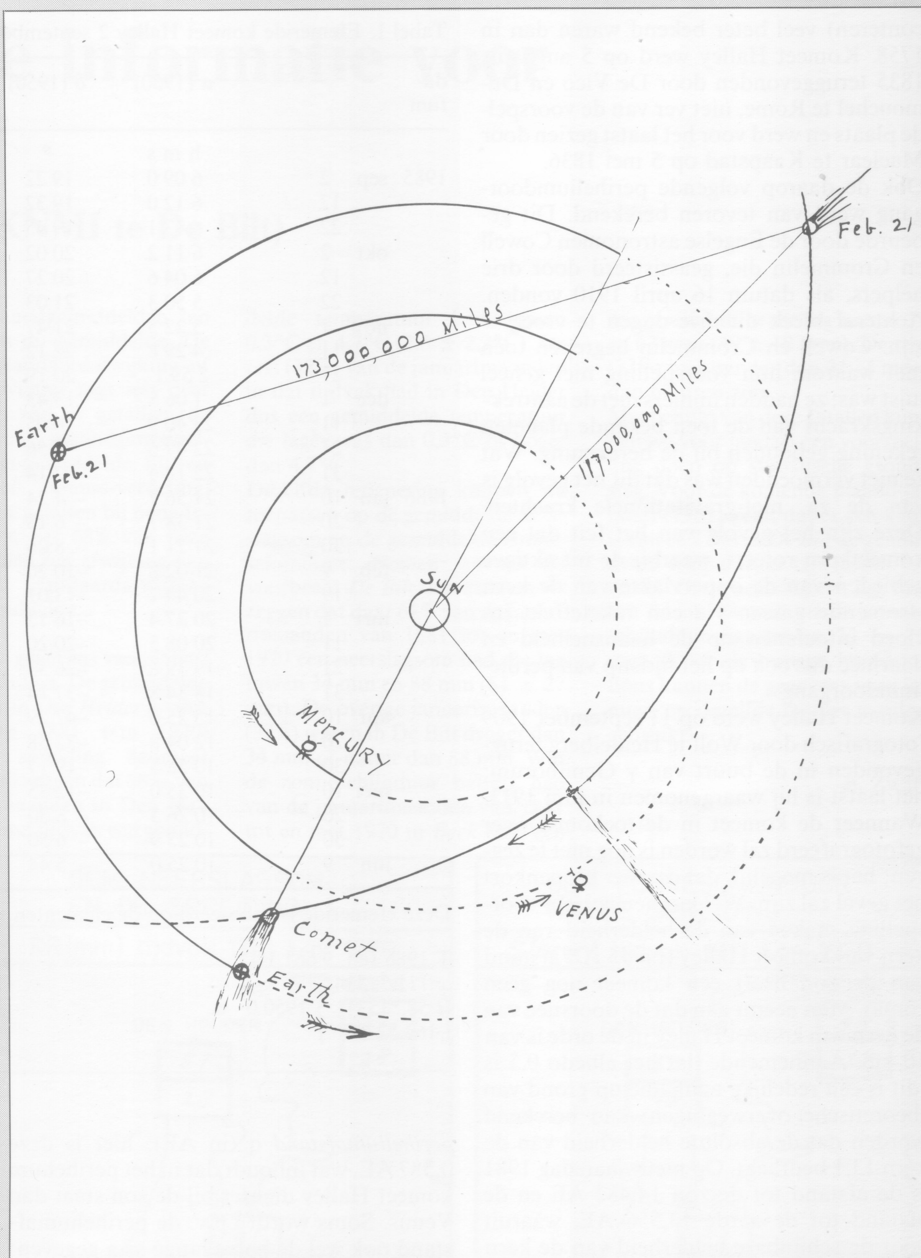


Fig 1. Komeet Halley op 12 mei (foto links) en 15 mei 1910 (foto rechts), gefotografeerd met behulp van een 25 cm Tessar lens. (Opname: Mount Wilson en Mount Palomar Observatories)

Fig. 2. De baan van de komeet in 1910 door het centrale deel van het zonnestelsel. Let op de passage van de Aarde door de staart van de komeet op 18 mei 1910. (tekening: Yerkes Observatory)

waarnemingen, een eerdere verschijning van dezelfde komeet betrof, wat later door Pingré bevestigd werd.

Een voorspelling komt uit

Halley heeft, hoewel hij 86 jaar oud werd, de wederverschijning niet beleefd. Toen 1758 naderde, begonnen verschillende astronomen de hemel al naar de komeet af te zoeken. Omdat niet bekend was wanneer de komeet het perihelium zou passeren had dit veel weg van het zoeken naar een speld in de hooiberg. Om die reden stelde zich een team van drie Franse astronomen, nl. Clairaut. Lalande en Madame Lepaute, tot taak het tijdstip van periheliumdoorgang te berekenen van de aanstaande verschijning. Daarbij was het nodig de baan van de komeet voor het tijdvak 1531-1759 te berekenen, waarbij rekening werd gehouden met de storende werking van de toen bekende planeten, met name Jupiter en Saturnus. Hiermee waren ze zes maanden onafgebroken bezig, wat een idee geeft van de enorme hoeveelheid rekenwerk die hiermee gemoeid is. In november 1758 kon Clairaut bekendmaken dat Jupiter en Saturnus komeet Halley zo hadden vertraagd in zijn baanbeweging dat het perihelium tussen 15 maart en 15 mei 1759 gepasseerd zou worden. In de kerstnacht van 1758 werd de komeet in de Vissen teruggevonden door de bij Dresden woonachtige Palitzsch toen de helderheid ervan acht was, terwijl Messier te Parijs drie weken later onafhankelijk komeet Halley vond. Messier werd namelijk geplaagd door aanhoudend slecht weer. Het perihelium werd op 13 maart gepasseerd; op 22 juni 1759 werd de komeet door Chevalier (Lissabon) voor het laatst gezien in de Sextant. Deze verschijning betekende een triomf voor de wetenschap; definitief was bewezen dat de kometen tot het zonnestelsel behoren en gehoorzamen aan de gravitatiewet.

De volgende periheliumdoorgang van komeet Halley werd van te voren berekend door de Fransen Damoiseau en Pontécoulant, alsmede de Duitsers Lehmann en Rosenberger, die data vonden tussen 4 en 26 november 1835. Het perihelium werd gepasseerd op 16 november 1835, wat 3 dagen later was dan de voorspelling van Pontécoulant die achteraf de beste bleek te zijn. Dat de terugkomst van komeet Halley in 1835 nauwkeuriger kon worden berekend is niet alleen het gevolg van betere rekenmethoden, maar ook van het feit dat de massa's van de planeten (bovendien kon men het effekt van de toen ontdekte Uranus verdis-

conteren) veel beter bekend waren dan in 1758. Komeet Halley werd op 5 augustus 1835 teruggevonden door De Vico en Dumouchel te Rome, niet ver van de voorspelde plaats en werd voor het laatst gezien door Maclear te Kaapstad op 5 mei 1836.
Ook de daarop volgende periheliumdoorgang werd van tevoren berekend. Dit gebeurde door de Engelse astronomen Cowell en Crommelin die, geassisteerd door drie helpers, als datum 16 april 1910 vonden. Achteraf bleek dit drie dagen te vroeg te zijn. Cowell en Crommelin begrepen toen niet waarom hun voorspelling niet geheel juist was; ze hadden immers met de aantrekkingskracht van de toen bekende planeten rekening gehouden bij de berekening. Wat ze niet vermoedden was dat dit het gevolg is van de zg. niet-gravitationele krachten. Deze zijn het gevolg van het feit dat een komeetkern roteert, waarbij de uit aktieve gebieden van de oppervlakte van de kern stromende gassen via een raketeffekt invloed uitoefenen op de baansnelheid en daarmee dus ook op het tijdstip van periheliumdoorgang.
Komeet Halley werd op 11 september 1909 fotografisch door Wolf te Heidelberg teruggevonden in de buurt van γ Geminorum; het laatst is hij waargenomen in juni 1911. Wanneer de komeet in de toekomst weer gefotografeerd zal worden is nog niet te zeggen; het is mogelijk dat dit zeer binnenkort het geval zal zijn. Wel kunnen wij een voorspelling maken van de helderheid van de kern van komeet Halley (op 15 AE afstand van de zon heeft een komeet nog geen coma). Men neemt aan dat de doorsnee van de kern van komeet Halley in de orde is van 10 km. Aannemende dat het albedo 0,5 is (dit is een redelijke aanname op grond van theoretische overwegingen) kan berekend worden dat de absolute helderheid van de kern 13,1 bedraagt. Op nieuwjaarsdag 1981 is de afstand tot de zon 14,482 AE en de afstand tot de aarde 13,556 AE, waaruit voor de schijnbare helderheid van de kern 24,5 volgt. Dit houdt in dat het niet uitgesloten moet worden geacht dat in de komende winter de kern van komeet Halley, die dan ongeveer vijf graden ten westen van β Canis Minoris staat, gefotografeerd kan worden met de grootste teleskopen. Tevens kan men dan direkt afleiden – indien de komeet dan gefotografeerd wordt – hoe groot de diameter van de kern is.

Tabel I: Efemeride komeet Halley 2 september 1985-9 juni 1986

datum			α (1950)	δ (1950)	r (AE)	Δ (AE)	E	h	m_v
			h m s	° ′			°	°	
1985	sep	2	6 09 0	19 22	2,7173	2,9494	66,9	31,8	13,3
		12	6 12 0	19 32	2,5916	2,6463	75,9	39,8	12,8
		22	6 13 1	19 45	2,4635	2,3322	85,4	47,3	12,3
	okt	2	6 11 2	20 02	2,3328	2,0115	95,6	53,9	11,7
		12	6 04 6	20 27	2,1993	1,6894	107,0	58,1	11,0
		22	5 50 3	21 03	2,0629	1,3738	120,3	57,5	10,2
	nov	1	5 22 5	21 47	1,9235	1,0767	136,2	50,5	9,3
		11	4 29 8	22 12	1,7809	0,8214	158,0	9,8	8,3
		21	2 59 1	20 19	1,6350	0,6537	169,5	25,7	7,4
	dec	1	1 06 8	13 43	1,4859	0,6323	131,8	41,0	6,8
		11	23 40 9	6 05	1,3339	0,7509	99,5	43,5	6,7
		21	22 49 6	0 56	1,1796	0,9380	75,7	37,2	6,5
		31	22 18 4	– 2 14	1,0252	1,1388	57,2	28,2	6,2
1986	jan	10	21 56 7	– 4 24	0,8747	1,3230	41,4	18,6	5,7
		20	21 38 7	– 6 13	0,7373	1,4687	26,7	6,4	5,1
		30	21 21 1	– 8 06	0,6320	1,5530	12,9		4,4
	feb	9	21 02 8	–10 20	0,5873	1,5505	7,6		4,1
		19	20 44 7	–13 01	0,6219	1,4499	20,1		4,2
	mrt	1	20 27 4	–16 13	0,7210	1,2693	34,5		4,7
		11	20 08 5	–20 20	0,8555	1,0392	49,7	4,3	5,1
		21	19 39 8	–26 33	1,0049	0,7871	67,4	8,0	4,8
		31	18 34 8	–37 14	1,1592	0,5495	92,3		4,0
	apr	10	15 25 0	–47 29	1,3136	0,4168	131,0		3,4
		20	12 04 8	–32 58	1,4660	0,5148	147,8	3,8	4,2
		30	10 58 3	–19 17	1,6155	0,7699	130,3	17,5	5,2
	mei	10	10 35 0	–12 25	1,7618	1,0783	115,0	18,9	6,2
		20	10 26 3	– 8 50	1,9049	1,4036	102,9	15,4	7,0
		30	10 23 9	– 6 50	2,0447	1,7325	92,5	9,9	7,7
	jun	9	10 25 0	– 5 44	2,1815	2,0577	83,0	3,7	8,2

Deze efemeride is gebaseerd op de elementen volgens Yeomans, die als volgt zijn:

T 1986 feb. 9.661 ET
ω 111.°8534
Ω 58.°1531 } 1950.0
i 162.°2378

Epoch 1986 feb 19.0 ET
q = 0.587096 AE
e = 0.967267
a = 17.935906 AE

De baan in het zonnestelsel

De baan van komeet Halley ten opzichte van de zon en de aarde in de periode 3 augustus 1985-29 juni 1986 is schematisch weergegeven in figuur 1, waarbij het gestippelde gedeelte van de komeetbaan zich ten zuiden ('onder' gezien van de hemelnoordpool) van het baanvlak van de aarde bevindt. Verder dient men te bedenken dat de figuur tweedimensionaal is.
Zoals bekend wordt een elliptische baan gedefinieerd door zes grootheden. In de eerste plaats definieert de *excentriciteit* e de vorm van de elliptische baan, zoals die om de zon wordt beschreven. Bij komeet Halley is deze 0,967. De tweede grootheid is de *periheliumafstand* q (in AE): hier is deze 0,587 AE, wat inhoudt dat in het perihelium komeet Halley dichter bij de zon staat dan Venus. Soms wordt i.p.v. de periheliumafstand ook wel de halve lange as a gegeven: deze is hier 17,94 AE. Het verband tussen a en q volgt uit q = a (1–e). Nu is alleen nog de baan ten opzichte van de zon gedefinieerd en niet t.o.v. de aarde. De lijn waaronder het vlak van de komeetbaan en dat van de aardbaan elkaar snijden heet de *knopenlijn*; de klimmende knoop is dat punt van de komeetbaan waarin de komeet het baanvlak van de aarde van zuid naar noord passeert. De *lengte van de klimmende knoop* Ω (hier 58°,1) komt overeen met de hoek lentepunt-zon-klimmende knoop. Het *lentepunt* (in fig. 1 aangegeven aan de bovenzijde van de aardbaan als 0°) wordt gedefinieerd door de verbindingslijn zon–aarde, waarbij de positie van de aarde wordt gekozen die zij innam toen zij in 1950 het lentepunt passeerde. Nu hebben wij nodig als nader gegeven de *inclinatie*, d.w.z. de helling tussen de vlakken van de komeetbaan en de aardbaan. Deze kan slechts waarden aannemen tussen 0° en 180°; is de inclinatie i kleiner dan 90°, dan beweegt de komeet zich in dezelfde richting als de planeten (vanuit de hemelnoordpool gezien, dus van 'boven' af gezien, tegen de klok in). Daarentegen is de komeet retrograad oftewel teruglopend (van boven gezien met de klok mee) indien i begrepen is tussen 90° en 180°.
Komeet Halley is één van de weinige retrograde kort-periodieke kometen (deze hebben een periode korter dan 200 jaar); de inclinatie bedraagt nl. 162°,2. Dit houdt in dat komeet Halley de grote planeten nooit dicht kan naderen; hij bevindt zich dan als hij ver van de zon verwijderd is enkele AE onder het vlak waarin de grote planeten zich bewegen. Wèl kan komeet Halley de aardse planeten dicht naderen. Omdat de baan van deze komeet retrograad is bevindt de komeet zich slechts gedurende korte tijd in de buurt van zo'n planeet. Men denke hierbij aan het feit dat op de weg twee tegenliggers slechts gedurende zeer korte tijd in elkaars nabijheid vertoeven.
Nog niet gedefinieerd is nu de ligging van de ellipsbaan in zijn baanvlak; de grootheid waarmee dit gebeurt noemt men het *argument van het perihelium* oftewel ω; deze is bij komeet Halley 111,°9. De hoek ω is de hoek tussen de verbindingslijn zon-klimmende knoop en die van zon-perihelium, gerekend in de beweegrichting van de komeet. Vooral bij een retrograde komeet is het van belang zich dat laatste te realiseren; denkt men hier niet aan dan kan men een volkomen foute oriëntering van de baan afleiden.
Aangezien ω, Ω en i altijd gedefinieerd worden ten opzichte van het lentepunt van een bepaald jaar, moet bij deze altijd het *equinoctium* vermeld worden. In onze tijd is dat

Fig. 3. De baan van komeet Halley bij de komende periheliumdoorgang. Op de cirkel de posities van de Aarde op de aangegeven data.

Fig. 4. De baan van de komeet aan de hemel respektievelijk in 1682, 1759, 1835 en 1910 en de vermoedelijke koers in 1985.

Fig. 5. Vervolg van figuur 4. De baan van de komeet bij diverse passages in het verleden en in de nabije toekomst.

Tabel II: Minimale afstand tot de aarde en grootste schijnbare helderheid bij de verschijningen van 1682 t/m 2061

Datum periheliumdoorgang	Datum kortste afstand	Δ_{min}(AE)	m_v(max)
1682 sep 15,3 UT	1682 aug 31,6 UT	0,4238	1,9
1759 mrt 13,1	1759 apr 26,0	0,1222	0,5
1835 nov 16,4	1835 okt 13,7	0,1836	1,7
1910 apr 20,2	1910 mei 20.5	0,1515	1,0
1986 feb 9,7	1986 apr 11,0	0,4155	3,4
2061 jul 29,1	2061 jul 29,8	0,4778	1,6

altijd 1950,0. Tenslotte moet men nog weten waar de komeet zich op een bepaald tijdstip bevindt. Anders kan men onmogelijk de plaats van een komeet op een bepaald tijdstip aan de hemel berekenen! Hiervoor neemt men altijd het tijdstip van *periheliumdoorgang* in ET (efemeridentijd). Bij komeet Halley is volgens Yeomans het tijdstip van de aanstaande periheliumdoorgang T op 9 februari 1986 te 16^h ET. Bij de bepaling hiervan is niet alleen rekening gehouden met de storende werking van de planeten, maar ook met de niet-gravitationele krachten.

Wanneer nauwkeurige baanelementen gegeven worden ziet men bovendien vermeld de zg. epoch; dit houdt in dat in de baanelementen de storende werking der planeten verwerkt zijn voor het tijdstip van de epoch, waarvoor altijd een datum vlak bij het tijdstip van periheliumdoorgang wordt gekozen. Het voordeel hiervan is dat men een nauwkeurige efemeride kan berekenen zonder zich hoeven te bekommeren over planeetstoringen. Deze zijn er verantwoordelijk voor dat de baan steeds aan verandering onderhevig is. Het meest hierdoor beïnvloed wordt de omlooptijd; bij komeet Halley is de tijd tussen twee opeenvolgende periheliumdoorgangen begrepen tussen 73 en 80 jaar. Hiervoor zijn met name Jupiter en Saturnus met hun grote massa's verantwoordelijk. In de laatste 3000 jaar is de inclinatie hierdoor afgenomen met 1,°5 terwijl ω en Ω toenamen van 77° tot 112°, respektievelijk 18° tot 58°.

Omdat men nu de invloed van de planeten zowel als de niet-gravitationele krachten op de baan van komeet Halley over zeer lange perioden kan terugberekenen is men in staat de baan tot in de vroege oudheid terug te berekenen. Volgens Y. C. Chang bestaan er aanwijzingen dat komeet Halley reeds in het jaar −1056 in China is waargenomen. Dit houdt in dat straks in 1985 de komeet voor de 41^e keer wordt teruggezien.

Schijnbare baan aan de hemel

Hoe de schijnbare baan van komeet Halley aan de hemel is hangt af van het tijdstip van periheliumdoorgang. Uit louter nieuwsgierigheid heb ik de schijnbare baan van deze komeet berekend ten tijde van de verschijningen van 1682, 1758/59, 1835/36, 1909/10 en 1985/86. De posities overeenkomende met deze verschijningen zijn weergegeven in de figuren 4 t/m 7. Opvallend is dat komeet Halley, wanneer deze vóór periheliumdoorgang nog 3 AE van de zon verwijderd is, altijd te vinden is in het noordelijk gedeelte van Orion, terwijl deze komeet na periheliumpassage altijd te zien is in de Sextant, wanneer de afstand tot de zon is toegenomen tot 3 AE. Het tussengelegen gedeelte van de schijnbare baan hangt sterk af van het tijdstip van periheliumdoorgang.

In 1682 ging komeet Halley op 15 september door het perihelium; de baan ging via Voerman, Lynx, Kleine Leeuw, Coma Berenices en Maagd. Omstreeks 1 september was de helderheid maximaal; deze bedroeg ongeveer +2. Vanaf het noordelijk halfrond gezien was dit een vrij gunstige verschijning. Er werd een staart van circa 30° lang waargenomen.

In 1759 ging komeet Halley op 13 maart door het perihelium, wat een gans andere schijnbare baan impliceerde. Deze was als volgt: Vissen, Waterman, Steenbok, Microscoop, Indiaan, Pauw, Zuiderdriehoek, Zuiderkruis, Centaurus, Sextant. Op 26 april 1759 werd de zeer zuidelijke declinatie van −71°18′ bereikt. De maximale helderheid was ongeveer +0.5; op 1 mei werd een staart van ruim 30° lang waargenomen.

Bij de volgende verschijning in 1835/36 was de schijnbare baan geheel anders dan bij de vorige verschijning vanwege de periheliumpassage in de herfst (16 november 1835). In tegenstelling tot de vorige was deze zeer gunstig voor waarnemers op het noordelijk halfrond; toen de komeet eind september voor het blote oog zichtbaar begon te worden stond hij in het oostelijk deel van de Voerman. Daarna koerste de staartster snel noord-oostwaarts via de Lynx naar de Grote Beer, alwaar op 14 oktober de maximale helderheid (volgens Kaiser te Leiden +1) bereikt werd. Omdat de afstand tot de aarde snel afnam (deze was minimaal 0.1836 AE op 14 oktober) verminderde de helderheid snel. Daarbij koerste hij via de Jachthonden, Bootes en Hercules naar de Slangendrager. Tijdens de periheliumdoorgang was de komeet evenals in 1759 niet waarneembaar; na periheliumpassage was hij alleen goed op het zuidelijk halfrond zichtbaar. Alleen wanneer de periheliumdoorgang in de zomer plaatsvindt is komeet Halley tijdens dat tijdstip goed (en wel vanaf het noordelijk halfrond!) waarneembaar, zoals in 1456 (9 juni), 1531 (26 augustus), 1682 (15 september) en 2061 (29 juli).

De hierna volgende verschijning in 1910 is in één opzicht zeer bijzonder; op 18 mei 1910 stond de aarde in het verlengde van de knopenlijn op het moment dat komeet Halley de dalende knoop passeerde. Daarbij stond toen de komeet tussen de aarde en de zon in, zodat de aarde door de staart ging en de komeet schijnbaar de zonneschijf passeerde. Dit laatste werd evenwel niet waargenomen, waaruit geconcludeerd werd dat de diameter van de kern minder is dan 50 km. De koers (Vissen, Ram, Stier, Tweelingen, Kreeft, Sextant) was uitermate gunstig

Europese ruimtesonde gaat Komeet van Halley onderzoeken

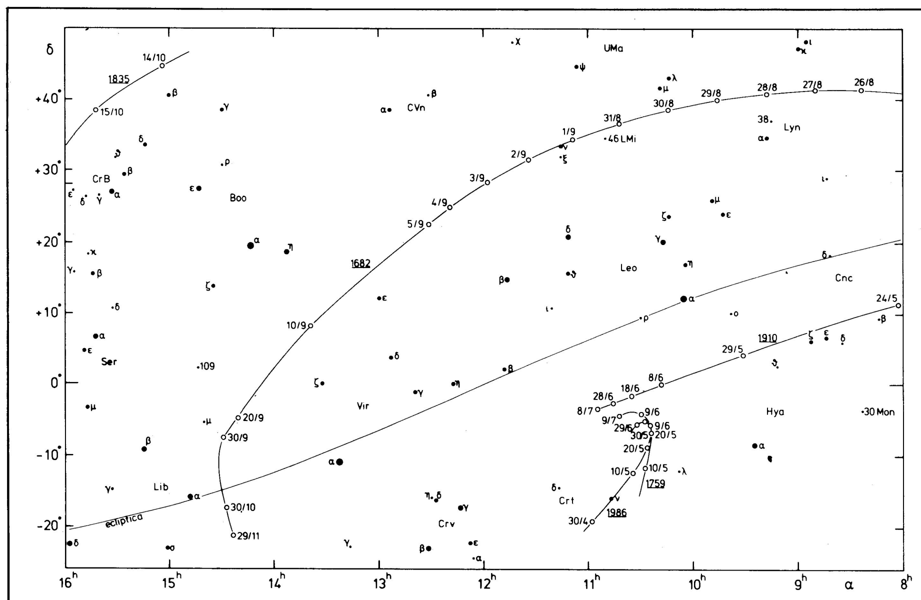
Op een bijeenkomst te Parijs op 8 en 9 juli 1980 heeft het committee voor het wetenschappelijke programma van het Europese Bureau voor Ruimtevaart (ESA) haar goedkeuring gehecht aan het zenden van een ruimtesonde naar de Komeet van Halley. Deze onderzoekingsvlucht houdt in dat de sonde in 1986 door de coma van de komeet zal vliegen, met een snelheid van 70 km per seconde. Het zal daarbij metingen moeten verrichten aan de bestanddelen van de coma die van de kern worden afgeblazen door de zonnewind. De metingen omvatten een onderzoek naar gassen, geïoniseerde deeltjes en stof. Een camera zal intussen foto's nemen van de kern. De metingen worden van fundamenteel belang geacht voor het begrijpen van het ontstaan van kometen, waarvan men aanneemt dat zij uit materie bestaan uit de tijd van de vorming van het planetenstelsel.

De ruimtesonde is afgeleid van de GEOS-satelliet. Zijn nuttige lading zal in hoofdzaak bestaan uit een camera en diverse massa-spectrometers. De laatste meten de atomaire samenstelling van de komeet. Het totale gewicht zal ongeveer 750 kg bedragen. De lancering zal plaats moeten vinden in juli 1985 door een Ariane-2 raket. De sonde moet dan in maart 1986 de kern van de komeet op minder dan 1000 km afstand passeren. De totale kosten van het project worden thans geschat op ruim 200 miljoen gulden.

Aan het project zal de naam 'GIOTTO' worden gegeven. De Florentijnse schilder Giotto di Bondone heeft de komeet van Halley (toen nog niet zo geheten) weergegeven op de hemelachtergrond van de aanbiddingsvoorstelling, die het interieur van de Arena Kapel in Padua siert (zie Zenit 1979, p. 420). Halley's komeet doorkruist het binnendeel van het zonnenstelsel elke 76 jaar. Eén van zijn verschijningen vond plaats in 1301. Giotto gebruikte de komeet als model voor de ster van Bethlehem bij het schilderen van de aanbiddingsvoorstelling. Hij voltooide dit werk in 1304.

(BZ/ESA News Release, Inf. No. 20 (10 juli 1980)

Fig. 6. Vervolg van figuur 5. Let op de overeenkomst tussen de situatie in 1759 en 1986 (ook goed te zien in figuur 4 en 5). Zie verder in de tekst.



voor waarnemers in de tropen, maar vrij ongunstig voor waarnemers in Nederland. Gedurende april, toen de komeet vrijwel stationair was in de buurt van γ Pegasi, was hij hier in de ochtendschemering te zien, waarbij de helderheid toenam van 4 naar 3. In mei was de beweging, vooral in de laatste twee dekaden, zeer snel oostwaarts omdat de komeet de aarde dicht naderde. De minimale afstand (0,1515 AE) werd op 20 mei bereikt; de helderheid bedroeg hierbij 1,0. Vanwege de retrograde beweging van komeet Halley leek het objekt eerst stationair, om daarna met een grote snelheid (tussen 9 mei en 8 juni legde de komeet schijnbaar een afstand af van 149,°36) oostwaarts te bewegen alvorens weer ongeveer stationair te worden in de Sextant. Omdat de afstand tot de aarde na 20 mei zeer snel toenam daalde de helderheid snel; begin juli was de helderheid 7. Ook de lengte van de staart, die op 26 mei door Nijland te Utrecht op 30° à 35° werd geschat, werd snel kleiner; begin juli was nauwelijks sprake meer van een staart.

De verschijning in 1985/86

Wie denkt dat de aanstaande verschijning voor ons gunstig zal zijn moet ik jammer genoeg teleurstellen. Kort gezegd: het kan haast niet slechter! Uitgerekend ten tijde van de periheliumdoorgang staat de komeet vanuit de aarde gezien vrijwel achter de zon. (Zie figuur 2.) Ofschoon de komeet tijdens de periheliumdoorgang onzichtbaar zal zijn, houdt dit niet in dat er voor ons amateurs niets waar te nemen zal zijn. In de loop van september 1985, wanneer de staartster te zien zal zijn in het noordelijke gedeelte van Orion, begint de zichtbaarheid in amateurinstrumenten. Doordat aanvankelijk de afstand tot de aarde snel afneemt, neemt de helderheid snel toe. Omstreeks 6 november staat komeet Halley vlak ten zuiden van de Pleiaden en is dan van de achtste grootte, dus zichtbaar met een prismakijker. Hierna volgt hij een koers die enigszins doet denken aan die van 1758/59, toen de periheliumdoorgang een maand later plaatsvond. Op 9 november 1985 8^h UT passeert de komeet de klimmende knoop, zodat hij dan vanuit de aarde gezien de ecliptica van zuid naar noord passeert. Tot 10 maart 1986 14^h UT, wanneer de dalende knoop wordt gepasseerd, bevindt komeet Halley zich ten noorden van de ecliptica. Eind december is hij met het blote oog te zien in de buurt van β Aquarii; omstreeks 20 januari 1986 zal hij in de avondschemering niet meer zichtbaar zijn. In Nederland zullen wij tot eind april moeten wachten om komeet Halley weer te kunnen zien. Dan zal hij nauwelijks met het blote oog zichtbaar zijn. Gedurende mei bevindt de komeet zich in de Sextant, waarbij de helderheid afneemt van +5 tot +8. Hierna is hij, mede door de schemering, niet meer te zien. Wanneer in de daarop volgende winter de positie aan de hemel tamelijk gunstig is heeft men een groot instrument nodig om komeet Halley waar te kunnen nemen, aangezien hij dan van ongeveer de veertiende grootte is.

Wij mogen concluderen dat de aanstaande verschijning van komeet Halley met name voor het noordelijk halfrond ongunstig is. Dit blijkt ook uit de beschouwing van tabel II, waarin vermeld is wat de minimale afstand tot de aarde is bij de verschijningen van 1682 t/m 2061. Hierbij is ook gegeven de maximale schijnbare helderheid, die steeds wordt bereikt bij minimale afstand tot de aarde (en niet tot de zon!). Bij de berekening hiervan is aangenomen dat steeds het helderheidsverloop van de verschijning van 1909/10 gevolgd wordt. Bijzonder jammer is dat het juist ten tijde van de grootste helderheid en de kortste afstand tot de aarde komeet Halley vanuit Nederland onzichtbaar is. Wie daarentegen in de gelegenheid is in april naar de Canarische

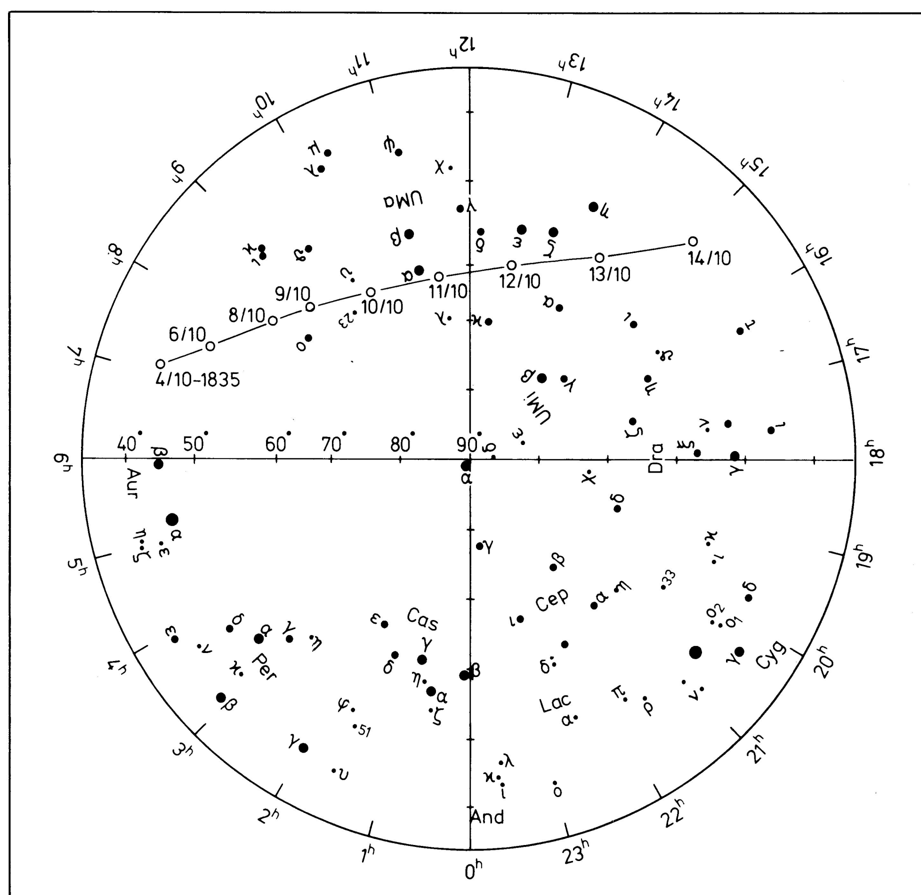


Fig. 7. In oktober 1835 bereikte de komeet een deklinatie van meer dan +60°. Hij was toen in onze streken enige tijd circumpolair.

Tabel III: Verband tussen de voerstraal en de gereduceerde helderheid

voerstraal r	m - 5 log Δ	voerstraal r	m - 5 log Δ	voerstraal r	m - 5 log Δ
3,00 AE	11,4	1,50 AE	7,9	1,00 AE	5,2
2,75	11,0	1,25	7,0	1,25	5,3
2,50	10,5	1,00	5,8	1,50	5,5
2,25	10,0	0,75	4,4	1,75	6,0
2,00	9,4	0,59	3,1	2,00	6,4
1,75	8,7	0,75	4,4		

eilanden of zuidelijker te reizen kan de komeet goed met het blote oog waarnemen, al zal het geen opvallend verschijnsel zijn. Uiteraard zal de *Werkgroep Kometen* gedurende de waarnemingsperiode aktief bezig zijn met het visueel waarnemen, met name het schatten van de helderheid, en het fotograferen van komeet Halley. Ten behoeve van de geïnteresseerde amateur is in Tabel I een uitvoerige efemeride gegeven, berekend door ondergetekende uitgaande van de baanelementen van Yeomans. Omdat de elongatie alleen niet de zichtbaarheid van een komeet bepaalt, heb ik ook de hoogte berekend voor een waarnemer te Utrecht twee uur vóór zonsopkomst in de perioden 2 september-1 november 1985 en voor 11 en 21 maart 1986, terwijl in de perioden 11 november 1985-20 januari 1986, alsmede 20 april-9 juni 1986 de hoogte twee uur na zonsondergang is gegeven. Wanneer geen hoogte gegeven is houdt dit in dat de komeet dan niet zichtbaar is. Men ziet dus dat de elongatie alléén geen maat is voor de zichtbaarheid; ofschoon op 10 april 1986 de elongatie 131° is hoeft men in Nederland niet naar de komeet te gaan zoeken. Bij de berekening van de schijnbare helderheid m_v is ervan uitgegaan dat het fotometrische gedrag bij de aanstaande verschijning gelijk zal zijn aan dat van 1909/10. In Tabel III is aangegeven hoe de gereduceerde helderheid, ook wel genoemd de heliocentrische helderheid $m_v - 5 \log \Delta$ (dit is de helderheid die de komeet zou hebben indien hij steeds één AE van de aarde verwijderd zou zijn) verandert met de voerstraal, d.w.z. de afstand komeet-zon. Hierbij is uitgegaan van gegevens naar Bobrovnikoff en Vsekhsvyatskii. Men ziet hieruit dat het verloop van de helderheid niet symmetrisch is ten opzichte van de periheliumdoorgang; na periheliumdoorgang neemt de helderheid veel minder snel af dan ervoor toe. Ongeveer 100 dagen na periheliumdoorgang is $m - 5 \log \Delta$ niet minder dan $2^m{,}5$ helderder dan ervoor. Er bestaan aanwijzingen dat ook bij de verschijningen van 1759 en 1835/36 dit het geval was. Ondanks alles moeten de m_v-waarden als indikatie voor de werkelijke helderheid worden opgevat; het is mogelijk dat komeet Halley nog wat zwakker zal zijn. Bij de verschijning van komeet Halley in 1066 was de intrinsieke helderheid circa 3^m meer dan bij de laatste verschijning. Bovendien is op 25 mei 1910 waargenomen dat zich een deel van de kern afsplitste.

Ook de vorming van de staart is asymmetrisch t.o.v. het perihelium; de maximale staartlengte (ca. 0,9 AE) wordt ongeveer 50 dagen na de periheliumdoorgang bereikt. In Tabel IV is gegeven hoe de vermoedelijke staartlengte zal zijn bij de aanstaande verschijning, waarbij uitgegaan van het gedrag bij de verschijningen van 1759, 1835 en 1910.

Tabel IV: De vermoedelijke lengte van de staart bij de verschijning van 1985/86

datum		schijnbare lengte staart (in graden)	ware lengte staart (in AE)
1985 dec	21	0,01	0,5
	31	0,03	1,2
1986 jan	10	0,09	2,8
	20	0,11	2,4
	30	0,11	1,3
feb	9	0,11	0,8
	19	0,13	2,6
mrt	1	0,25	7,8
	11	0,45	18
	21	0,69	31
	31	0,91	38
apr	10	0,58	21
	20	0,25	7,0
	30	0,08	2,6
mei	10	0,02	0,5

Wanneer men komeet Halley wil gaan waarnemen moet men een waarnemingsplaats buiten de stad opzoeken, terwijl de lucht zo doorzichtig mogelijk moet zijn en er geen maan zichtbaar is. Kunstlicht en/of maanlicht en met name een heiige lucht kunnen in een zo sterke mate afbreuk doen aan de zichtbaarheid van een komeet dat zelfs een ervaren waarnemer dan de grootste moeite zal hebben komeet Halley te vinden. Zijn daarentegen de omstandigheden gunstig, dan zal de verschijning ondanks het ongunstige tijdstip van periheliumdoorgang alleszins de moeite waard zijn voor de aktieve amateur.

Rest mij nog Georg Comello te bedanken voor het vervaardigen van de figuren.

Literatuur

1. N. T. Bobrovnikoff, *Contributions from the Perkins Observatory*, Vol. 15 (1940)
2. J. L. Brady en E. Carpenter, A. J., *76*,728 (1971)
3. Peter Lancaster Brown, *Comets, Meteorites and Men* (Robert Hale and Company, London, 1973)
4. H. Groot, *Kometen en Vallende Sterren* (Meulenhoff, Amsterdam, 1950)
5. D. W. Hughes, Nature *281*,428 (1979)
6. Brian G. Marsden, *Third General Catalogue of Cometary Orbits* (1978)
7. J. Meeus, *Astronomical Formulae for Calculators* (Hove, 1979)
8. H. Mucke, *Der Sternenbote 23,* 126 (1980)
9. R. G. Roosen en B. G. Marsden, Sky and Telescope *49*,363 (1975)
10. S. K. Vsekhsvyatskii, *Characteristics of Comets* (Jerusalem, 1964)
11. H. Zimmer, *Veröffentlichung der Wilhelm Förster Sterwarte Berlin*, No. 49

Mogelijke verklaring voor TLP's

TLP's (Transient Lunar Phenomena) zijn kortdurende verschijnselen op de maan (gemiddeld ca. 20 minuten), die vaak te omschrijven zijn als intensiteitsverhogingen van bepaalde gebieden van gemiddeld zo'n 15 kilometer in doorsnee. Vooral bij Aristarchus, maar ook in de walvlakten Plato en Alphonsus, zijn de afgelopen decennia veel TLP's waargenomen. Een beroemde waarneming is die van de Rus Kosyrev in 1958, die meende een gaswolk boven Alphonsus te zien.

Tot voor kort is er geen bevredigende verklaring gevonden voor de waarnemingen, die immers niet alle toegeschreven kunnen worden aan instrumentele fouten en suggestie. Onlangs stelde Mills echter een TLP-model op, dat vele waarnemingen zou kunnen verklaren. Een langzame, gestadige gasstroom uit dieper gelegen seismische centra (die vaak nagenoeg samen blijken te vallen met TLP-gebieden) brengt een wolk van zeer fijn verdeeld stof (een soort maanrook) omhoog, die het opvallende zonlicht verstrooit en zo aanleiding kan geven tot een albedoverhoging van het betreffende gebied. Hoewel de verstrooiing van zonlicht door rook een slecht begrepen proces is, lijken sommige eigenschappen van TLP's nu verklaard te kunnen worden, bijvoorbeeld het meestal optreden in het perigeum, wanneer ook de getijdenwerking het sterkst is. De ook wel waargenomen TLP's aan de nachtzijde van de maan zouden volgens Mills verklaard kunnen worden door ontladingen van de gaswolk, nadat de deeltjes laag boven het maanoppervlak elektrisch geladen werden ten gevolge van onderlinge wrijving.

(GS Nature, vol. 285, 12 juni 1980)

BOEKBESPREKING

R. H. van Battum, *Zwarte en Witte Gaten,* uitgave van de Volkssterrewacht Simon Stevin, Hoeven, 1980, 52 pagina's en 37 figuren. Prijs: *f* 5,50 afgehaald bij 'Simon Stevin' of 'De Koepel'. Ook te bestellen door *f* 8,– (inklusief verzendkosten) over te maken op giro 3191545 t.n.v. stichting De Koepel te Utrecht onder vermelding van B135.

Hoewel er al vele verhandelingen op populair niveau over zwarte gaten zijn verschenen, neemt dit werk toch een aparte plaats in. Het is niet lang(-dradig) en leest erg makkelijk, zonder al te veel geestelijke inspanning van de lezer te vergen. Het aantal formules is tot een minimum beperkt en voor een ieder (die weet wat de wortel uit een getal betekent) begrijpelijk. Zowel de weinige formules als de vele figuren zijn zorgvuldig gekozen en vooral de figuren ondersteunen de tekst op voortreffelijke wijze.
Ter sprake komt de werking van de gravitatiekracht, het begrip ontsnappingssnelheid en de gravitatiestraal: dat is de straal waarop de ontsnappingssnelheid gelijk is aan de lichtsnelheid. Hierop voortbouwend wordt grotendeels in klassieke termen beredeneerd waarom deze gravitatiestraal een 'horizon' vormt en een zwart gat 'zwart' is en tevens een gat. Alleen de speciale relativiteitstheorie wordt expliciet gebruikt (geen deeltje kan sneller dan het licht bewegen, en beweging beïnvloedt de gang van klokken). Vervolgens komen kort roterende zwarte gaten aan bod en wordt op amusante wijze de kromming van de ruimte in de omgeving van een zwart gat weergegeven, alsmede het onplezierige lot van een in het zwarte gat vallende waarnemer. Ontstaan en evolutie en de mogelijkheid van een zwart gat in de Zwaan (Cyg X1) worden vervolgens bekeken. Ten slotte passeren de kosmologische implicaties de revue.
Enigszins misleidend is de titel, die ook witte gaten vermeldt. In de brochure worden er echter (terecht) slechts 2 pagina's aan gewijd; gelukkig haast de schrijver zich al in de kennismaking met het verwijzen van de witte gaten naar het rijk der speculaties. Verder wijst hij er terecht op dat nog niet eens ondubbelzinnig is aangetoond dat *zwarte* gaten bestaan.
Natuurlijk heeft een zo elementair mogelijke verhandeling over zwarte gaten zijn nadelen; het is onmogelijk dat men precies leert begrijpen wat zwarte gaten zijn. De brochure gelezen hebbende zou u in principe als volgt aan het zwarte gat moeten kunnen ontsnappen: Stel u bent zeer dicht 'onder' de horizon, dan kunt u (klassiek gezien) met *kleine* snelheid dicht 'boven' de horizon komen, om vervolgens (bijgetankt hebbende) naar de aarde te ontsnappen. Dat dit toch onmogelijk is kan men alleen met de algemene relativiteitstheorie inzien. Het is jammer dat de schrijver dit niet in zijn betoog laat uitkomen; zo ook is het voor figuur 12 en 13 van essentieel belang hoe de snelheden gemeten worden, al is didactisch gezien de gedane keuze de enige juiste.
Een ronduit storende fout vindt men op pagina 18, 3e alinea. De opmerking dat vanuit de aarde gezien een vrijvallende waarnemer vlakbij de 'horizon' de lichtsnelheid heeft is in tegenspraak met de 1e alinea's van pagina 15 en 18, waarin terecht beweerd wordt dat de tijd a.h.w. bevriest op de horizon; gezien vanuit de aarde wordt dus de snelheid nul. De eerste drie alinea's kan men dan ook beter overslaan. Verder is de brochure echter keurig verzorgd op enkele kleine oneffenheden na, zoals in formule (1) op pagina 6 waarin de straal in km i.p.v. in m moet worden aangegeven. Bij de aanbevolen literatuur mis ik eigenlijk de twee boekjes van de 'meester' zelve, hoewel daarin zwarte gaten niet ter sprake komen.
Vooral A. Einsteins *Relativiteit, speciale en algemene theorie,* dat onlangs (1978) in een Nederlandse vertaling (bij Het Spectrum) verscheen en bedoeld is voor de leek, zou niet mogen ontbreken.
Toch wil ik besluiten door 'Zwarte (en Witte) Gaten', dat vooral didactisch goed is opgezet, van harte aan te bevelen als een eerste en (zoals de schrijver het zelf noemt) rustige kennismaking met zwarte gaten.

Pierre van Baal

Joachim Herrmann, *Grosses Lexikon der Astronomie,* Mosaik Verlag München, 1980, 408 pag., 10 foto's in kleur en meer dan 400 foto's en tekeningen in zwart-wit. Prijs: DM 59,80.

Astronomische woordenboeken voor de 'geïnteresseerde leek en de amateurastronoom' zijn dun gezaaid. Er bestaan enkele Engelstalige vakastronomische uitgaven, maar die schieten voor de amateur hun doel (handzaam naslagwerk en begrijpelijke inhoud) voorbij, nog afgezien van de hoge prijs van dergelijke werken. Nederlandse sterrenkundige lexica zijn in boekvorm niet meer in de handel. Wel zijn er enkele brochures van de JWG en de VVS verkrijgbaar, maar die hebben noodgedwongen een veel beperktere inhoud.
Dit boek – weliswaar in het Duits – zal daarom zeker wel een aantal lezers vinden onder de Nederlandse amateurs. De auteur, Joachim Herrmann, is ook schrijver van het bij ons alom gewaardeerde *Sesam Atlas van de Astronomie* en 'dus' is kwaliteit gegarandeerd. Ook de kwantiteit mag er zijn! Het aantal van 408 pagina's spreekt te meer aan als men bedenkt dat de tekst in een klein lettertype is gezet en de foto's en figuren een ondergeschikte rol spelen. Het aantal ingangen is indrukwekkend (circa 3200) en de omschrijving van de begrippen is vaak niet eens zo beknopt als men van een woordenboek zou verwachten. Zo worden behalve aan onderwerpen als de planeten aan termen als 'Atom', 'Doppelsterne', 'Erdatmosphäre', 'Fernrohr', 'Parallax', 'Radioteleskop', 'Relativitätstheorie', 'Rotation', 'Sonnenkorona' en 'Spektralklassen' verscheidene kolommen of zelfs pagina's gewijd. Maar ook voor de amateur doorgaans wat exotischer termen als 'Oortsche Rotationsformeln', 'Schwarzschild-Radius', 'T-Tauri-Sterne', 'Ramsauer-Effekt' en 'Henyey-Linie' komen aan bod.
Positief te waarderen valt het groot aantal biografieën van astronomen dat is opgenomen. Onder de hedendaagse Nederlandse astronomen vindt men o.a. Oort, van de Hulst, van de Kamp, Schmidt en Bok. Een ander waardevol aspekt van het boek is de rijke vertegenwoordiging van ontdekkingen van de meest recente sterrenkunde, zoals het vulkanisme op Io, de potentiële satelliet van Herculina, Charon en Chiron, de HEAO-satellieten, speckle-interferometrie en het objekt SS 433. De vele interne verwijzingen (naar verwante onderwerpen elders in het boek) heffen het bezwaar van een alfabetisch woordenboek (op het eerste gezicht een onsamenhangende reeks termen) grotendeels op.
Een prachtig boek dit 'Grosses Lexikon', maar toch mis ik nog enkele, m.i. belangrijke zaken, zoals satellieten met een specifiek sterrenkundige betekenis, - ANS, COS-B, IUE e.d. Dit valt des te meer op, omdat andere wel worden genoemd (Skylab, Space Shuttle, Helios enz). Ook hadden er nog meer figuren en tabellen gebruikt mogen worden (en desnoods wat minder foto's, die vaak te donker zijn afgedrukt). Wat een Newton-teleskoop is, is gemakkelijker met een figuur uit te leggen dan alleen met woorden. Een ander gemis vind ik het vrijwel geheel ontbreken van verwijzingen naar andere publikaties, met name tijdschriften (zowel vakastronomische als populair-wetenschappelijke), maar ook naar sterrenkundige handboeken over de diverse onderwerpen. Dit bevreemdt te meer omdat bijvoorbeeld wel astronomische instituten en instrumenten worden genoemd.
Laat ik echter over één ding duidelijk zijn. Aankoop van dit boek is geen miskoop!

Mat Drummen

H. O. Ruppe, *Die grenzenlose Dimension, Raumfahrt.* Deel 1: *Chancen und Probleme,* Uitgever Econ Verlag, 1980. DM. 68.–.

Dit 376 pagina's tellende boek geeft een zeer goed overzicht van de gehele historie van de ruimtevaart. De 213 illustraties bestaan voor het merendeel uit informatieve grafieken en andere tekeningen. Dat alle illustraties in zwart-wit zijn is gezien de keuze van de platen geen enkel bezwaar.

Het boek behandelt in het eerste deel (140 pagina's) de geschiedenis van de ruimtevaart. Het tweede deel gaat over de komende 20 jaren, met veel nadruk op de Space Shuttle, Spacelab, maar ook de Duitse onderneming Otrag en de Russische ruimtevaart, vervolgens de wat verdere toekomst met ruimtestations en zonne-energiestations in de ruimte en tenslotte de kosten van de ruimtevaart. Veel tabellen en registers onderstrepen de waarde van dit werk voor het opzoeken van de meest uitgebreide informatie.
Hoewel het boek in technische zin zonder vooropleiding te volgen is, zullen leken het wat moeilijk hebben met de ruimtevaartvaktaal. Iemand die de ruimtevaartontwikkelingen heeft gevolgd en voor wie de Duitse taal geen al te groot bezwaar is, zal het boek probleemloos kunnen gebruiken. Aangezien die categorie in het Nederlandse taalgebied te klein is om een vertaling van het omvangrijke boek te overwegen, wordt de Duitse editie van harte aanbevolen.
Boeken over ruimtevaart blijven snel verouderen. Ik denk echter dat dit boek, hoewel het ook in sommige opzichten door feiten achterhaald zal worden, zeker tien jaar profijtelijk gebruikt kan worden. Met belangstelling zie ik dan ook uit naar het aangekondigde tweede deel, waarin de wat merkwaardige combinatie van voortstuwing in de ruimtevaart en sterrenkunde behandeld zal worden.
De auteur is op het gebied van de ruimtevaart meer dan deskundig. Hij werkte aan militaire ruimtevaartprojecten in Duitsland en de Verenigde Staten en was ingenieur in het Pioneer-4 projekt: het eerste maanschot van de Amerikanen.
Het boek wordt voor Nederland geïmporteerd door Schuyt & Co. C.V. in Haarlem.

Chriet Titulaer

De zeldzame ochtend van 5 oktober

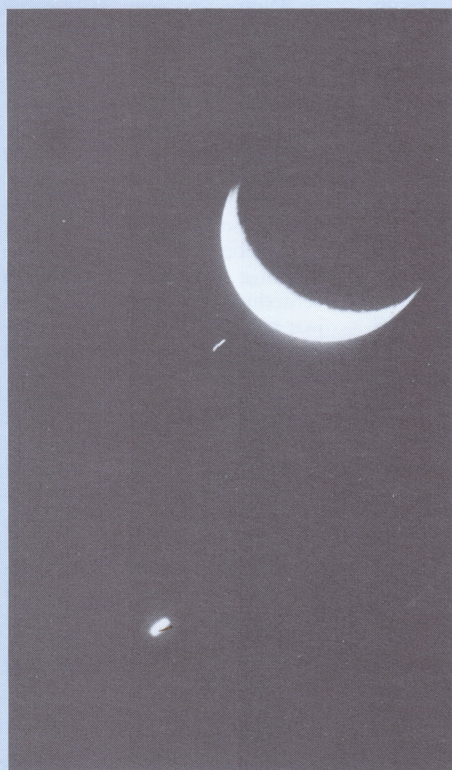
In de vroege ochtend van 5 oktober 1980 speelde zich een bijzonder zeldzaam schouwspel af. Even voor half vijf werd de heldere ster Regulus bedekt door een smalle maansikkel. Ruim een uur later vertoonde de ster zich weer aan de donkere maanrand, en was een schitterende samenstand zichtbaar van Regulus, de maan en de heldere planeet Venus. Tegen kwart voor zeven was de schijnbare afstand tussen Venus en de maan het kleinst. In het noorden van Nederland werd de planeet bedekt, terwijl in een zone van minder dan 40 km breed een rakende Venusbedekking te zien was. Het verschijnsel was zeldzaam genoeg om vele amateurs op de been te brengen. En niet tevergeefs, getuige de vele verslagen en foto's die de redactie ontving.

Een grote expeditie van vijftien Belgen en tien Nederlanders trok naar Zuidwolde, aan de noordgrens van de rakende zone. Op een noord-zuid-lijn opgesteld namen zij het hele gebeuren waar. Hoe imponerend dit was blijkt wel uit onderstaand verslag, deels geschreven door de heer Van der Drift uit Soest.

Een bijzonder mooie heldere nacht bij een redelijke temperatuur komt in ons land jammer genoeg maar weinig voor. Zulke omstandigheden gecombineerd met een vrij zeldzame samenstand kan zonder meer een hoge uitzondering worden genoemd. De 5e oktober 1980 was inderdaad zo'n bijzondere gebeurtenis.

Tot enkele uren tevoren het maar al te bekende beeld: regen en voortjagende wolken. Niettemin optimisme: de weersvoorspellingen van De Bilt wijzen op een verbetering in de nacht. Daarbij komt nog een onberedeneerd gevoel, grenzend aan bijgeloof: we hebben met onze expedities de laatste paar jaar zoveel pech gehad, dat ons nu weer eens een succes gegund is! Verder uitweiden over de unieke aanblik van de hemel heeft geen zin: alleen degenen die deze nacht aan de astronomie hebben gewijd weten hoe zeldzaam mooi het was.

Objectief bezien is het deelnemen een nuchter gebeuren: men staat in een rij, ieder registreert op zijn beurt de bedekking en daarmee uit. Men kan het evenement ook heel anders bezien en ondergaan. Er de grootsheid van ondervinden. Alleen al de factor onzekerheid over het weer draagt bij tot het mystieke van het gebeuren. Men kan

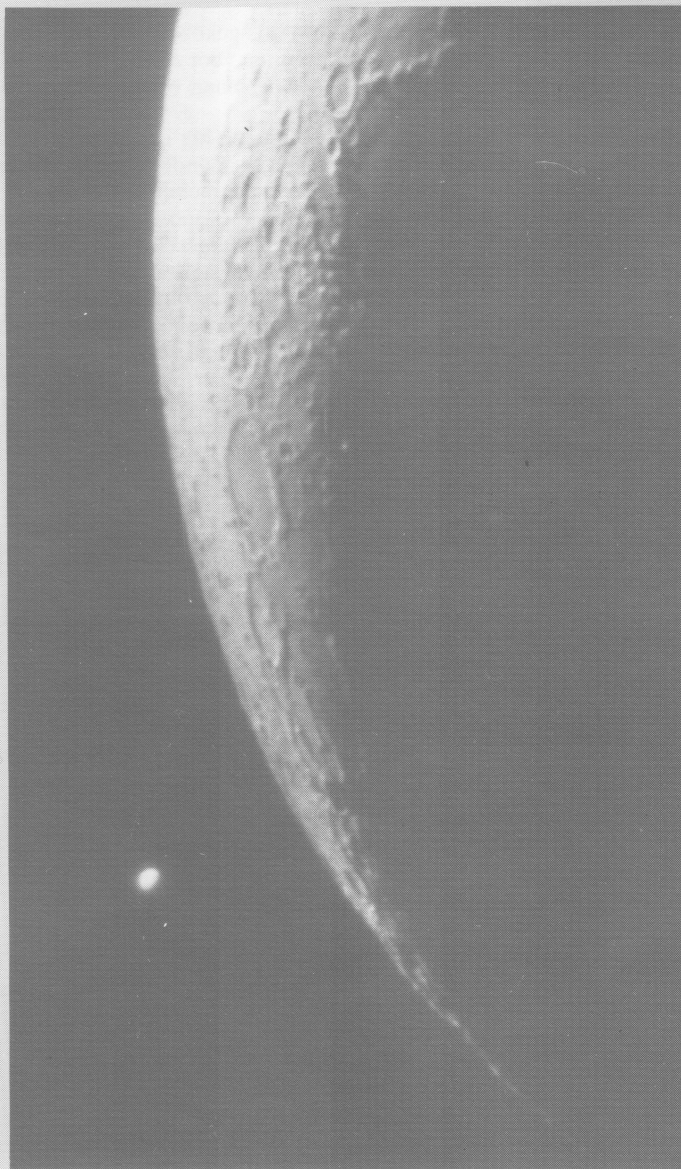




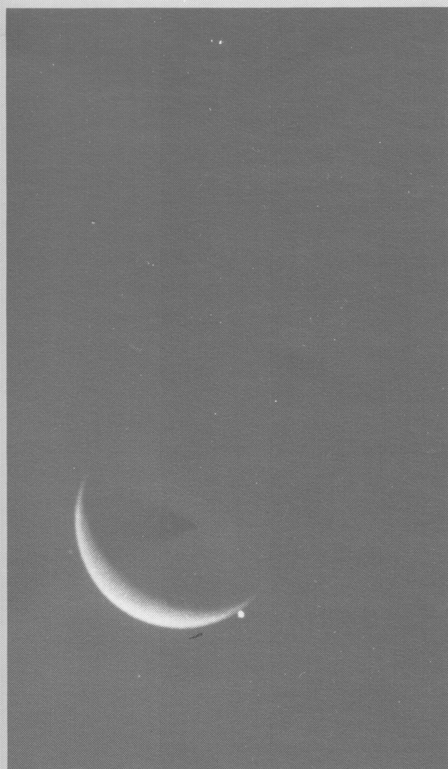


zich niet voorstellen dat ook maar één deelnemer volkomen nuchter en onbewogen blijft bij het zien van het unieke schouwspel.
Denkend aan de deelnemers, soms komend van zeer verre, allen in gespannen verwachting, komt onwillekeurig een ander samentreffen, rond 2000 jaar geleden, in gedachte. Natuurlijk verbeelden wij ons niet 'wijzen' of 'magiërs' te zijn. Maar er is overeenkomst: een samenstand van hemellichamen die ons naar een nauwkeurig bepaald trefpunt voert.
Aangemoedigd door steeds langere perioden van helderheid worden reeds uren tevoren de telescopen opgesteld en er is tijd genoeg om allerlei minder of meer bekende objecten aan de uitzonderlijk heldere hemel te bewonderen. Er drijven ook nog twee wolkenvelden over, die ons zelfs nog wat lichte regen bezorgen. Blijkbaar heeft ieder op de mogelijkheid gerekend, want alle instrumenten worden met stukken plastic afgedekt.
En dan komt de eerste occultatie, de intrede van Regulus aan de verlichte maanrand enkele minuten voor half vijf. Door de grote lichtkracht blijft de ster, fel wit, scherp afstekend tegen de maanrand, tot op het moment van verdwijnen bijna verblindend stralend. Totdat hij verdwijnt, tegelijk met zijn lichtstralen als uitgestrekte armen van een drenkeling.
Dan, ruim een uur later, om enkele minuten na half zes de wederverschijning aan de donkere maanzijde: een verbluffende, bijna voelbare licht-explosie! Kreten van bewondering langs de hele rij waarnemers. Geen wonder, want de aanblik van het aanflitsen van dit felle hemellicht op de plaats waar zojuist nog diepe duisternis heerste, kan niemand onberoerd laten. Het spontane enthousiasme van allen is dan ook volkomen begrijpelijk. Het zijn momenten van gewicht, want in een fractie van een seconde worden optisch kaarsrechte lijnen getrokken van telescoop via maanrand naar ster; worden als het ware binten in het hemelse gewelf aangebracht, waardoor dit weer wat verder doortimmerd raakt, aldus de vakastronomen met hun computers in staat stellend het reeds bekende verder aan te vullen.

Intussen nadert Venus gestadig en onmiskenbaar de zuidelijke maanrand, totdat om ongeveer acht minuten na half zeven de eerste aanraking plaats heeft. Het is curieus om te zien hoe een steeds groter deel van Venus afgeknabbeld wordt. De zuidelijkst opgestelde waarnemer kan geen totale verdwijning vaststellen: zelfs bij de maximale bedekking van Venus blijft toch door het grote verschil in lichtintensiteit een klein kapje ononderbroken goed zichtbaar, terwijl sommige noordelijker opgestelde waarnemers totale onzichtbaarheid melden. Wel een bewijs hoe nauwkeurig de plaats



▲ *Fig. 2. De samenstand gezien vanuit Heist-op-den-Berg (België), 16 minuten voor de dichtste nadering. Foto door Leo Aerts met een 10 cm refractor (f/15) d.m.v. oculairprojectie met een 18 mm oculair, 5 s belicht op Kodak Tri-X.*





◀ *Fig. 1. Een overzicht van de bedekking van Regulus en de rakende Venusbedekking. De foto's zijn gemaakt door B. J. van Kampen uit Alkmaar met een 500 mm telelens (f/8) op Ilford HP5 (27 DIN). De tijdstippen en belichtingstijden bedragen respectievelijk 04h 22m (10 s), 04h 26m (10 s), 05h 33m (5 s), 06h 29m (2 s) en 06h 39m (3 s).*

van waarneming door de organisatoren is gekozen. Alle eer! Het verschijnsel duurt tot ongeveer 13 minuten voor zeven, waarna de planeet zich schijnbaar losmaakt van de maan en daarvan wegdrijft.
Intussen is het al praktisch dag geworden en het is verwonderlijk hoe lang het spektakel ook voor het ongewapende oog nog fascinerend schoon blijft. Het is alsof men er maar moeilijk afscheid van kan nemen.
En dan komt het discussiëren en napraten, oergezellig! Geleidelijk aan het inpakken met de koesterend warme stralen van de opkomende zon op de rug. Grote verbazing over de ongelofelijke hoeveelheden condenswater die een teleskoop produceert, dus vlijtig dweilen voor het inpakken.

Tenslotte het afscheid en de terugkeer naar huis met een alles overheersend gevoel van dankbaarheid en tevredenheid 'er bij te zijn geweest'. Deze gebeurtenis zal door de uitzonderlijke omstandigheden zeer zeker een ieder die eraan deelgenomen heeft nog jaren in herinnering blijven.
Een bijzonder woord van attentie verdienen onze Belgische vrienden, die met een indrukwekkende vertegenwoordiging en instrumenten present waren. Wat een geestdrift, wat een ijver: ononderbroken foto's maken, bij de tientallen! De zuidelijkste waarnemer voelde zich bijna beschaamd, omdat hij zelf niets in die richting ondernam. Duidelijk bespeurde men de grote ervaring en de technische bedrevenheid die zij ten toon spreidden: levendige tijdmeting, registratieapparatuur, vele meters van allerlei kabels, ver-

Fig. 3. De waarnemingsplaatsen van de amateurs die in dit verslag genoemd worden. De cijfers corresponderen met de figuurnummers.

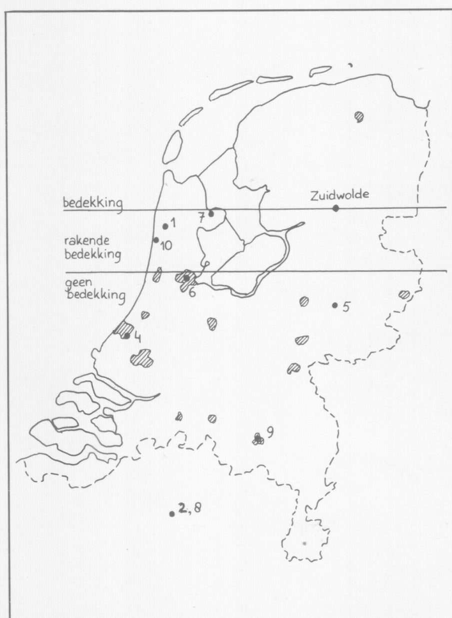


Fig. 4. Opname door de waarnemingsgroep van de Rijswijkse sterrenwacht, 1 s belicht op Agfa Ortho (15 DIN) met de 30 cm Newtontelescoop.

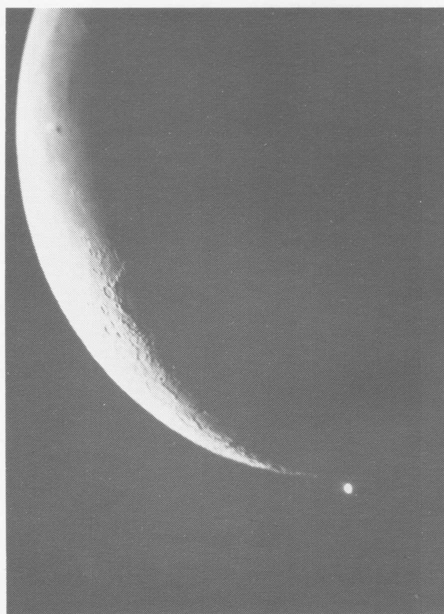


Fig. 5. Jan Teule gebruikte een Celestron C8 (20 cm schmidt-cassegrain, f/10) voor deze opname, die om 06h 22 m is gemaakt in het primaire brandpunt. Er werd 1/60 s belicht. Waarnemingsplaats: Zutphen.

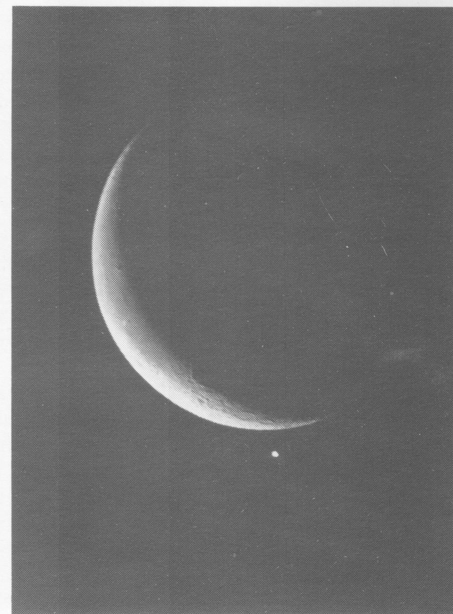


Fig. 6. In Amsterdam was de samenstand wel zeer nauw. Deze opname is gemaakt door A. A. Gerritsen met een 153 mm telescoop. Oculairprojectie door een 7 mm orthoscopisch oculair bracht de effectieve openingsverhouding op f/81. Er werd 5 s belicht op Plus-X film, en er werd gebruikt gemaakt van een geelfilter.

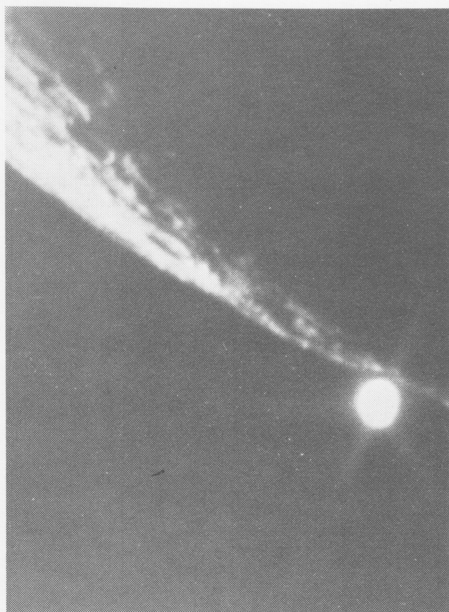


Fig. 7 (hieronder). Venus, Regulus en de maan, gefotografeerd om 05h 50m door Leo Aerts. Opname met een 20000 mm telelens (f/5,6), 10 s belicht op Tri-X.



Fig. 8. Vier dia's van het verloop van de rakende bedekking, gemaakt door Peter Gerritsen in Andijk met een 400 mm telelens en een 2×-convertor (f/12,6). Er werd 1/60 s belicht op Fuji daglicht diafilm (21 DIN).

8a



warmingsvoorzieningen van allerhande fatsoen, kortom een indrukwekkend vertoon van doelmatige activiteit. Als compensatie onzerzijds een beetje trots omdat we zulk mooi weer aan te bieden hadden.
Met speciale dank aan de immer aanwezige heren Meeus en Schmidt willen we allen die deze expeditie hebben voorbereid de hun rechtmatig toekomende lof en dank toezwaaien.
De heer Schmidt uit Huizen, waarnemingsleider van de werkgroep sterbedekkingen, die de expeditie organiseerde, merkt bij dit verslag nog op dat nauwkeurige berekeningen van Jean Meeus uitwezen dat Venus voor 96% bedekt is geweest. Hierbij is rekening gehouden met het maanprofiel en het positieverschil tussen schijf- en massamiddelpunt van de maan. Het overblijvende 'kapje' van Venus, 0,7″ groot, kon door de heer Van der Drift kennelijk nog worden waargenomen dankzij zijn voortreffelijke kuttertelescoop.
Niet iedereen is voor het waarnemen van het verschijnsel op stap gegaan. Voor de meeste amateurs bleef het bij een nauwe samenstand, en het is boeiend om de verschillende foto's eens met elkaar te vergelijken. In fig. 2 is van iedere foto de bijbehorende waarnemingsplaats aangegeven. Het blijkt wel duidelijk hoe moeilijk het is om de maansikkel en het veel fellere Venusschijfje samen goed op de afdruk te krijgen. Bij opnamen met een telelens is dit probleem veel kleiner. Venus wordt weliswaar wat overbelicht, maar er is toch geen schijfje zichtbaar. Je kunt zo een mooi overzicht van het verschijnsel geven, en het asgrauwe licht is prachtig zichtbaar.
De vier dia's in fig. 8 zijn in de omgeving van Andijk gemaakt door Peter Gerritsen uit Empe. Zijn tocht maakte deel uit van een waarnemingscampagne van zeven medewerkers van de Volkssterrenwacht Bussloo, die ook zeer geslaagd is geweest. Andere deelnemers aan de campagne fotografeerden in Lelystad, Loenen op de Veluwe en Zutphen (fig. 5).
De tekeningen in fig. 10 zijn gemaakt door Govert Schilling tijdens een waarnemingskampje dat de Jongerenwerkgroep in Bakkum organiseerde. Hier hebben ruim twintig jonge amateurs de rakende Venusbedekking waargenomen.
Behalve de foto's en tekeningen die hier zijn afgedrukt ontving de redactie nog waarnemingen van E. Hartsuiker (Bilthoven), Luc Vanhoeck (Puurs, België), Patrick Poitevin (Herk-de-stad, België), B. de Hoop (Joure), Frank Witte (Denekamp), Max Drooger (Zeist), Piet Koning (Loenen, Gld.), Bob van Slooten (Amesfoort) en Tido van der Laan (Bellingwolde).
Al met al een zeer intensief waargenomen verschijnsel. De enthousiaste bedekkingswaarnemers kunnen zich in 1981 op een eveneens zeldzaam verschijnsel verheugen: een sterbedekking door Venus op 17 november!

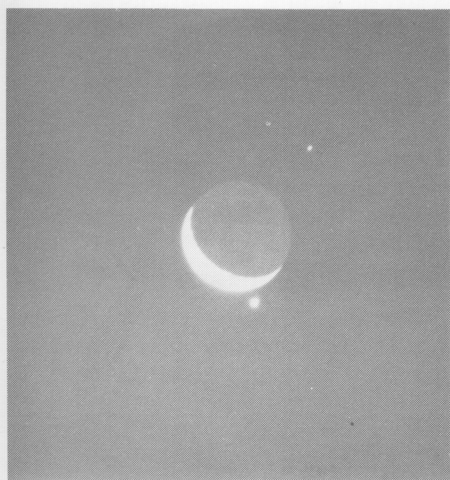
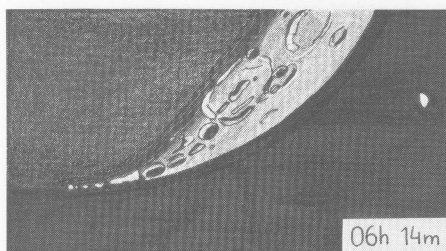
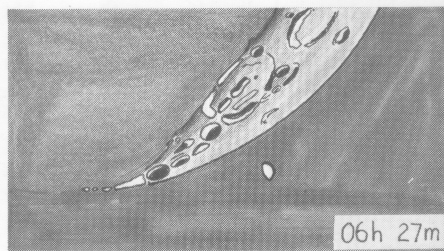
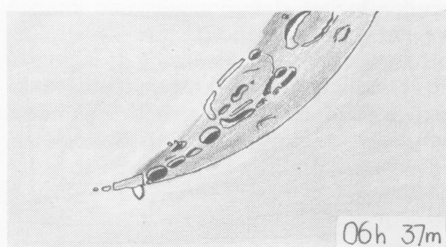


Fig. 9. De samenstand gezien vanuit Eindhoven om 06h 20m. Opname door F. P. K. de Jong, 1 s belicht op Agfa professional diafilm (18 DIN) met een 200 mm telelens.







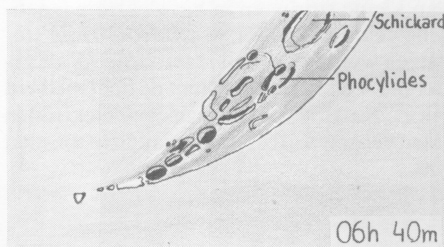


Fig. 10. De rakende bedekking van Venus, waargenomen met een 75 mm refractor (f/17,5) bij een vergroting van 133 × door Govert Schilling in Bakkum. Er werd gebruik gemaakt van een zenitprisma.

8b



8c



8d



Zwaartekrachtstraling

Eén van de voorspellingen van de algemene relativiteitstheorie is het bestaan van zwaartekrachtsstraling. Deze straling is in het algemeen echter zo zwak, dat er vooralsnog weinig hoop is hem rechtstreeks te meten. De indirekte gevolgen van het bestaan van zwaartekrachtsstraling treden echter aan het licht in zeer nauwe dubbelstersystemen, zoals de kataklysmische variabelen. Het best is de zwaartekrachtsstraling te bestuderen in de radio dubbelster pulsar.

Frank Verbunt

Nadat James Clerk Maxwell zijn prachtige theoretische beschrijving van de elektromagnetische verschijnselen had gegeven, kon hij met behulp van zijn theorie het bestaan van elektromagnetische straling voorspellen. Wanneer één elektron over een korte afstand snel heen en weer beweegt, zullen andere elektronen dit merken door kleine veranderingen in de kracht die ze van dit elektron ondervinden. Deze elektronen zullen hierdoor op een soortgelijke manier gaan bewegen als het eerste elektron. In de terminologie van Maxwell spreken we dan van kleine storingen in het elektromagnetische veld van het eerste elektron. Deze storingen worden *elektromagnetische golven* genoemd; zij planten zich met de lichtsnelheid voort, zodat verder weg gelegen elektronen later reageren. Het zichtbaar licht bestaat uit zulke golven. Een voorbeeld van de toepassing van deze golven is de radio: in een radiozender worden elektronen in een snelle trilling gebracht: de radiogolven planten zich voort en brengen de elektronen in radioantennes in eenzelfde trilling.

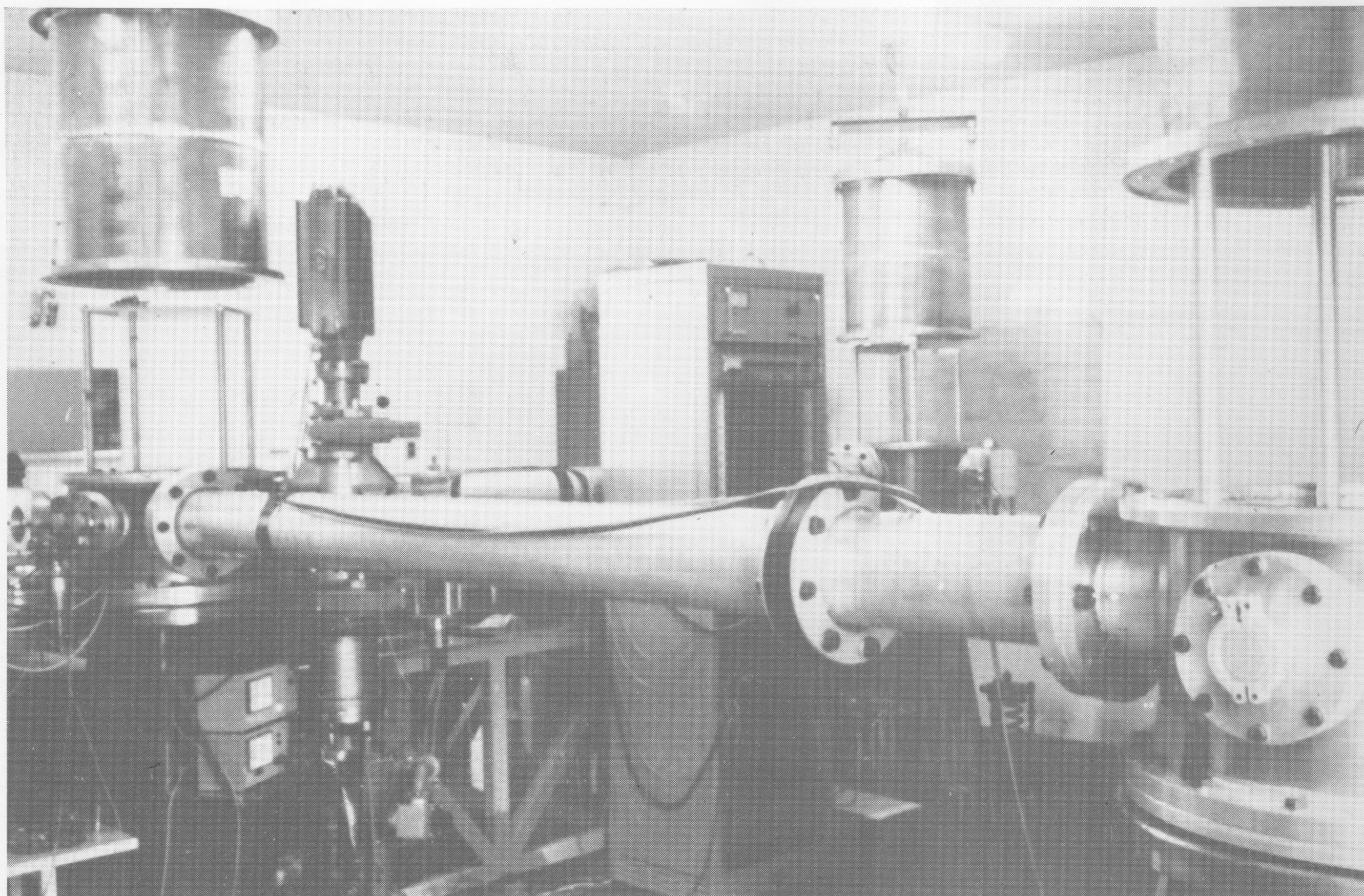
Voor de zwaartekracht tussen twee massa's is een soortgelijke redenering mogelijk als de bovenstaande voor de elektromagnetische kracht tussen twee elektronen. In de zwaartekrachtstheorie van Newton is de wisselwerking onmiddellijk: Newton ging uit van een onmiddellijke werking op afstand. (Deze 'actio in distans' stuitte bij tijdgenoten van Newton juist op groot verzet.) Dat betekent dat bij beweging van één massa alle andere massa's in het heelal onmiddellijk reageren, ongeacht de afstand tot de eerste massa: van een zich voortplantende golf is dan geen sprake. Dit wordt anders wanneer we de zwaartekracht beschrijven met de algemene relativiteitstheorie: daarin planten storingen in de zwaartekracht zich met de lichtsnelheid voort en hebben we met echte golven te maken.

Er zijn overigens belangrijke verschillen tussen elektromagnetische golven en zwaartekrachtsgolven. Eén zo'n verschil is het volgende: In het elektromagnetisme kunnen we het grootste gedeelte van de straling berekenen door van elk deeltje de lading en de versnelling met elkaar te vermenigvuldigen en de produkten op te tellen. Wanneer we voor de zwaartekrachtsstraling iets soortgelijks proberen, door van elk deeltje de massa met de versnelling te vermenigvuldigen en de produkten op te tellen, vinden we nul! (zie kader). Dit komt doordat zwaartekrachtsstraling én versnelling beide van dezelfde eigenschap afhangen, namelijk de massa, terwijl elektromagnetische straling niet van de massa maar van de lading afhangt.

Een tweede verschil tussen zwaartekrachtsgolven en elektromagnetische golven is dat elektromagnetische golven zelf geen lading dragen en zodoende zelf geen extra elektromagnetische kracht uitoefenen of ondervinden, terwijl zwaartekrachtsgolven wél energie en dus (volgens de speciale relativiteitstheorie) massa dragen en zodoende zelf ook weer zwaartekracht uitoefenen en ondervinden onafhankelijk van hun bron. Dit laatste maakt de theorie van zwaartekrachtsstraling bijzonder ingewikkeld. Het is zelfs zo erg, dat de natuurkundigen het er niet over eens zijn hoeveel straling er wordt uitgezonden in het eenvoudige geval dat één deeltje langs één enkel ander deeltje vliegt. Volgens sommige theoretici is de algemeen gangbare methode om voor dit geval de zwaartekrachtsstraling te berekenen niet juist.

zwaartekrachtstraling

Zwaartekrachtsstraling wordt opgewekt door bewegende massa's. De hoeveelheid opgewekte straling is groter naarmate de



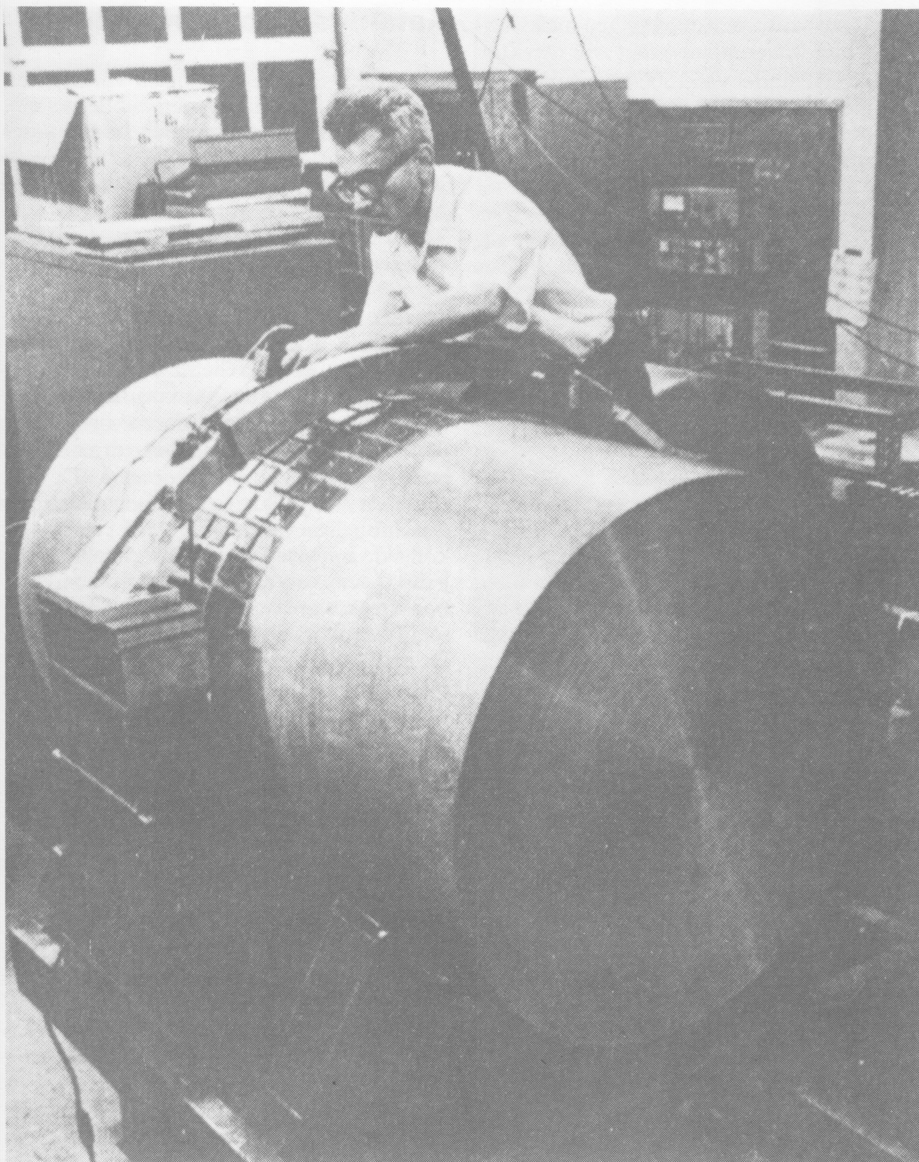
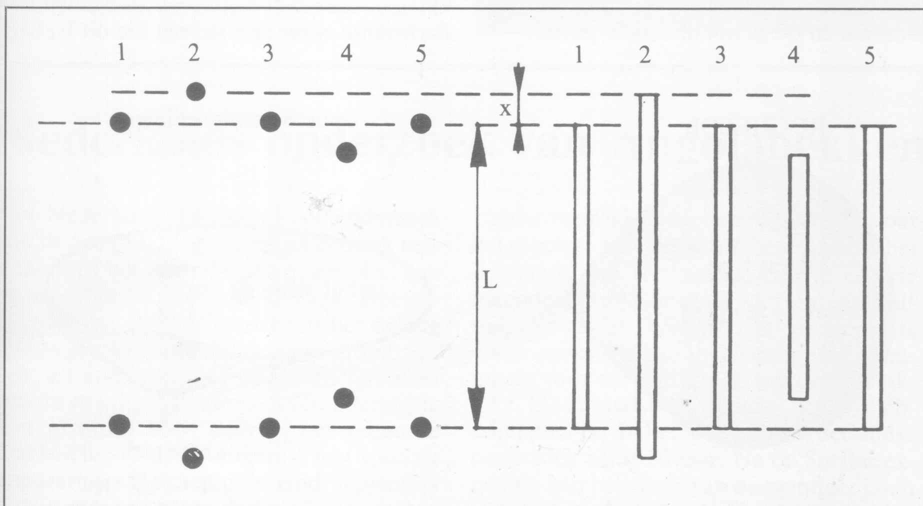


Fig. 2. Weber bij één van zijn detektoren voor zwaartekrachtsgolven.

◀ Fig. 1. De detector voor zwaartekrachtsgolven van het Max-Planck-Institut für Physik und Astrophysik te München. Zal men er ooit in slagen dit soort golven te meten?

Fig. 3 (hieronder). De beweging van één tweetal massa's (a) en één staaf (b) onder invloed van een passerende zwaartekrachtsgolf. De verschillende cijfers geven opeenvolgende tijdstippen aan.
Voor vijf tweetallen massa's of een vijftal staven op zekere afstand van elkaar geeft de figuur de toestand op één tijdstip weer.



massa's groter zijn en de bewegingen sneller. We kunnen een onderscheid maken tussen bronnen waarin massa's regelmatig bewegen en daarbij voortdurend zwaartekrachtsstraling uitzenden, en bronnen waarin de massa's een plotselinge beweging ondergaan en daarbij een stoot zwaartekrachtsstraling uitzenden. In de eerste kategorie vallen oscillerende sterren en nauwe dubbelsterren; in de tweede kategorie supernovae.

Oscillerende sterren zijn sterren die om hun evenwichtstoestand trillen. In het centrum van een ster wordt door middel van samensmelting (fusie) van atoomkernen energie opgewekt. Deze energieopwekking wil de ster doen uitdijen; de zwaartekracht wil de ster echter laten krimpen, en in een stabiele ster zijn beide krachten juist in evenwicht. Wanneer een ster wat kleiner wordt dan zij in evenwichtstoestand zou zijn, zal de druk als gevolg van de energieproduktie haar weer groter laten worden. Als de ster haar evenwichtstoestand heeft bereikt houdt de uitdijende beweging niet onmiddellijk op, maar schiet de ster door haar evenwichtstoestand heen en wordt zij wat te groot. De zwaartekracht laat haar vervolgens wat krimpen; bij de evenwichtstoestand houdt de krimpende beweging niet onmiddellijk op, de ster wordt weer wat te klein, enz. Na een nova-uitbarsting kunnen dit soort trillingen optreden. Bij precies symmetrisch op en neer bewegen van de buitenlagen van een ster wordt geen zwaartekrachtsstraling uitgezonden, maar wanneer er een zekere asymmetrie in de beweging is, zodat de ster op de ene plaats meer beweegt dan op de andere, komt wél zwaartekrachtsstraling vrij.

Hoe dichter twee sterren bij elkaar staan, hoe groter de snelheid is waarmee ze om elkaar heen draaien. Daarom verwachten we met name veel zwaartekrachtsstraling van zeer nauwe dubbelsterren.

Aan het eind van het leven van een ster houdt de energieproduktie op, en als de ster voldoende zwaar is zal zij gaan instorten onder invloed van de eigen zwaartekracht. Bij deze supernova-explosie stort het binnenste van een ster in tot een neutronenster, terwijl de buitenlagen van de ster worden weggeslingerd. Bij asymmetische explosies wordt een korte maar hevige stoot zwaartekrachtsstraling uitgezonden.

Volgens nu gangbare modellen voor de kernen van aktieve sterrenstelsels zit er in het centrum van een aktief sterrenstelsel een zwaar zwart gat, met een massa groter dan één miljoen zonsmassa's. Wanneer zo'n zwart gat ontstaan is uit asymmetrisch op een vallen van de materie in het centrum van een sterrenstelsel, is er bij die gebeurtenis ook een stoot zwaartekrachtsstraling uitgezonden.

Detektie moeilijk

Hier op aarde kunnen we zwaartekrachtsgolven detekteren door hun invloed op mas-

sa's in een experimentele opstelling. Wanneer een zwaartekrachtsgolf twee bollen passeert zal de afstand tussen de bollen hierdoor variëren, bijvoorbeeld op de manier als geschetst in fig. 3. Nemen we in plaats van twee bollen een staaf, dan zal de staaf de passage van de zwaartekrachtsgolf beurtelings rekken en krimpen. Berekenen we voor de zwaartekrachtsgolven van de boven geschetste sterrenkundige processen hoeveel de afstand tussen de bollen, respektievelijk de uiteinden van de staaf verandert, dan vinden we ontmoedigend kleine antwoorden. Voor oscillerende witte dwergen en nauwe dubbelsterren binnen onze melkweg vinden we voor de relatieve afstandsveranderingen (d.w.z. de verandering van de afstand x gedeeld door de afstand L) ten hoogste

$$h = \frac{x}{L} = \frac{1}{10^{20}}$$

Dat wil zeggen dat bij een staaflengte van een meter de uiteinden van de staaf zo'n 10^{-20} meter verder uit elkaar komen te liggen: dat is het honderdduizendste deel van de doorsnee van een atoomkern! Voor zwaartekrachtsstraling afkomstig van een supernova ontploffing in ons melkwegstelsel of van het instorten van het centrum van een sterrenstelsel in de Virgocluster vinden we ten hoogste

$$h = \frac{x}{L} = \frac{1}{10^{15}}$$

Dat is wat meer, maar nog altijd bijzonder weinig. Bovendien zijn supernovae en instortende sterrenstelselcentra nogal zeldzaam.
Gezien deze getallen kan men zich de verbazing van de sterrenkundigen voorstellen toen in Amerikaan Joseph Weber in 1970 bekend maakte dat hij zwaartekrachtsgolven uit het centrum van ons eigen melkwegstelsel had waargenomen met zijn detektor die uit een cilinder van 1500 kilo aluminium bestond. Een aantal andere natuurkundigen bouwde ook detektoren, en van betere kwaliteit, maar slaagde er niet in de waarnemingen van Weber te bevestigen, zodat nu eigenlijk niemand meer gelooft dat Weber inderdaad zwaartekrachtsstraling heeft gemeten. Sinds 1970 is men echter op een aantal plaatsen (Moskou, Stanford, Glasgow, Rome, München) druk doende zwaartekrachtsgolf-detektoren te maken. Daarbij worden ofwel losse massa's (fig. 3a) ofwel staven (fig. 3b) gebruikt. Voor de afstandsmeting gebruikt men bijvoorbeeld laserlicht. Als losse massa's worden dan spiegeltjes gebruikt.
Het voornaamste probleem bij al deze detektoren is het optreden van allerlei storende effecten. Afgezien van zulke grofstoffelijke storingen als passerende vrachtauto's of hoestende experimentatoren, die vrij gemakkelijk te vermijden zijn, zijn er veel moeilijker te bestrijden effecten, zoals die van de thermische beweging van atomen. De atomen in de detektor bewegen namelijk allemaal een klein beetje op en neer om hun evenwichtspositie, afhankelijk van de absolute temperatuur, en hoewel deze bewegingen heel klein zijn, zijn ze toch veel groter dan de te meten bewegingen! Om dit probleem te verminderen koelt men de detektoren tot zeer lage temperaturen. Hoewel het optimisme van de experimentatoren groot is, en de detektoren steeds nauwkeuriger worden, is er m.i. de komende jaren toch nog weinig zicht op dat er zwaartekrachtsstraling kan worden gemeten.

Indirekte waarnemingen

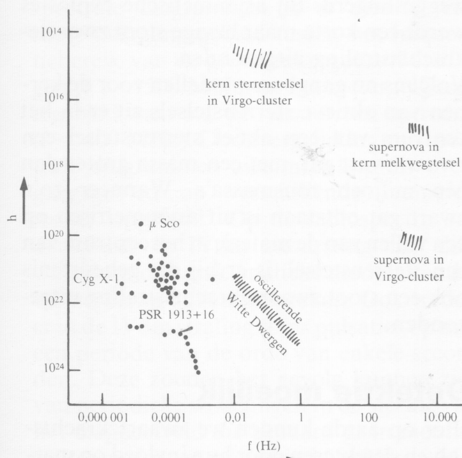
Het lijkt er dus op dat de theorie van de zwaartekrachtsstraling vooralsnog niet experimenteel getoetst kan worden. Wanneer we de zwaartekrachtsstraling *zelf* niet kunnen meten, kunnen we echter proberen de gevolgen van het bestaan van zwaartekrachtsstraling waar te nemen; dat wil zeggen dat we op zoek kunnen gaan naar de indirekte invloed van de zwaartekrachtsstraling op sterrenkundige systemen. Er zijn drie soorten nauwe dubbelstersystemen waar belangrijke invloed van de zwaartekrachtsstraling verondersteld wordt: de kataklysmische variabelen, de röntgenstootbronnen en de radiodubbelster pulsar.

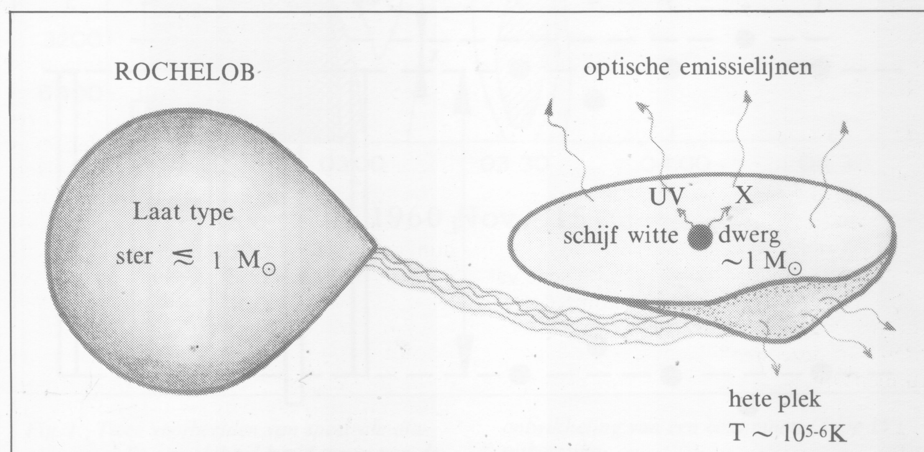
Kataklysmische variabelen

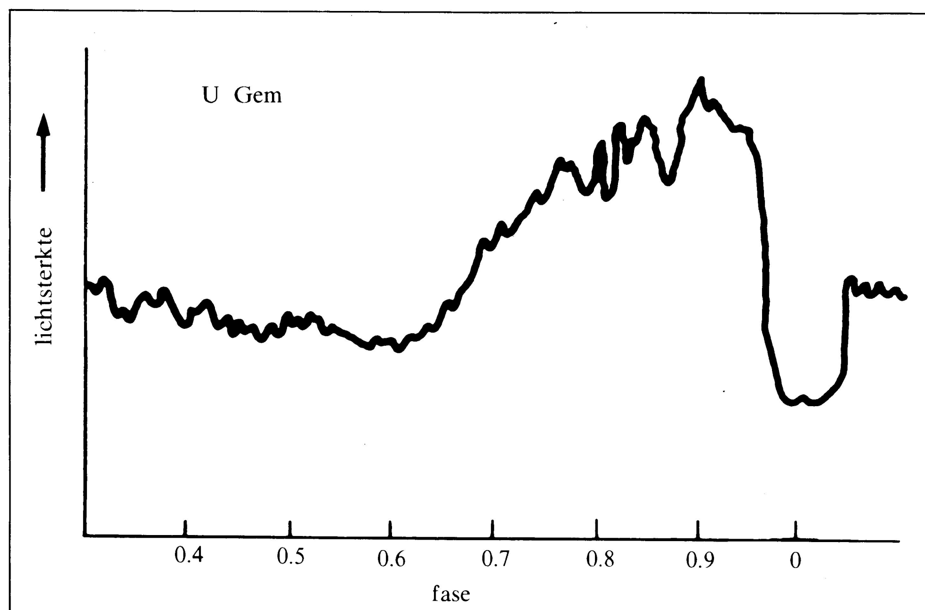
De kataklysmische variabelen vormen een bijzonder interessante groep dubbelsterren, die we kunnen onderverdelen in vier kategorieën:
1. Novae,
2. Recurrente novae,
3. Dwergnovae,
4. Nova-achtige variabelen.

Volgens de huidige inzichten bestaan alle kataklysmische variabelen uit twee sterren, namelijk een witte dwerg (straal ongeveer 10.000 km) en een lichte hoofdreeksster (straal ongeveer 100.000 km), die op een kleine afstand van elkaar in een korte periode (enkele uren) om elkaar heen draaien. De hoofdreeksster vult haar *Rochelob*. (De Rochelob is het volume waarbinnen materie in een dubbelster duidelijk bij één ster hoort; komt de materie buiten de Rochelob, dan kan zij naar de andere ster stromen.) De hoofdreeksster verliest materie naar een schijf om de witte dwerg. Via de schijf komt de materie op de witte dwerg terecht. De plaats waar de materiestroom de schijf treft krijgt door de schok een hoge temperatuur, en wordt de hete plek (hot spot) genoemd. Van deze hete plek komt een aanzienlijk deel van het licht dat we van de dubbelster ontvangen, en wanneer deze plek door de rotatie van het dubbelster-systeem uit het zicht verdwijnt merken we dit door een vermindering van de lichtsterkte (fig. 6).
Van de schijf komen de sterke emissielijnen die de spectra van dit type bronnen karakteriseren (fig. 7). De ring waar materie uit de schijf op de witte dwerg terecht komt is ook zeer heet, en verantwoordelijk voor ultraviolet en röntgenstraling. De plotselinge verhogingen in lichtkracht die het kenmerk zijn van de dwergnovae, worden vermoedelijk veroorzaakt door verhogingen van het massatransport door de schijf (fig. 8b). De materie die op de witte dwerg terechtkomt vormt daar een dunne laag die voornamelijk uit waterstof bestaat. Deze laag wordt dikker en dikker, totdat de temperatuur en druk zo groot worden dat de waterstof kan fuseren tot helium. De laag waterstof verbrandt dan ineens tot helium, waarbij grote hoeveelheden energie vrijkomen en een gedeelte van de materie weer van de ster wordt geslingerd. Hierbij neemt de helderheid van de ster énorm toe: we zien een *nova* (fig. 8a, 9).
Recurrente novae zijn sterren die dit laatste

Fig. 4. De theoretisch voorspelde sterkte van zwaartekrachtsgolven zoals te meten op onze aarde ten gevolge van processen elders in het heelal. Horizontaal staat de frequentie uit (dat is het aantal keren per seconde dat een detektor de beweging zoals in fig. 3 geschetst uitvoert).
Voor dubbelsterren kunnen we de sterkte precies berekenen; voor de andere processen moet een schatting gemaakt worden van de mate van afwijking van precieze symmetrie.

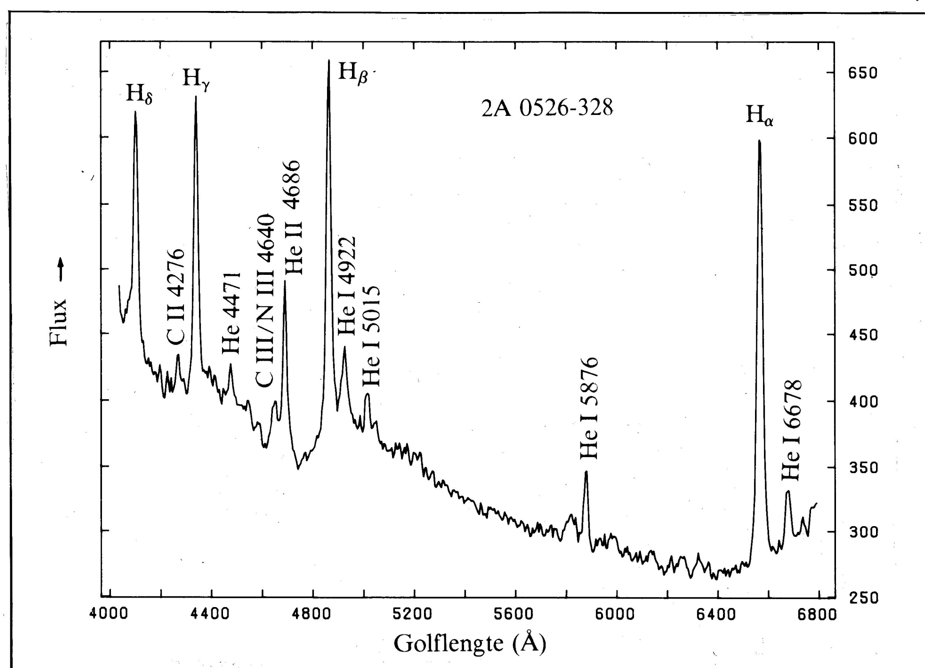






▲ *Fig. 6. Lichtsterkte van U Gem als funktie van de dubbelsterfase. Tussen fase 0.7 en 0.95 is het de hete plek op de schijf naar de aarde gekeerd en is de lichtsterkte groot. Op fase nul bedekt de hoofdreeksster de hete plek.*

Fig. 7. Spectrum van de kataklysmische variabele 2A 0526-328 (2A geeft aan dat de Ariel V satelliet Röntgenstraling heeft waargenomen van deze ster. De overige getallen geven de positie van de ster aan de hemel: 5^h26^m en $-32.8°$). ▼



proces al verscheidene malen hebben doorgemaakt. Zo heeft de ster T Pyx uitbarstingen gekend in 1890, 1912, 1920, 1944 en 1966. De *nova-achtige variabelen* zijn sterren die geen nova of dwergnova zijn geweest, maar die dezelfde karakteristieke lichtkromme van fig. 5 hebben. Hoe het komt dat er alleen kataklysmische variabelen zijn die ofwel nova ofwel dwergnova zijn, maar nooit allebei tegelijk, is niet duidelijk.

Een groot probleem bij kataklysmische variabelen is de vraag hoe het komt dat de hoofdreeksster massa verliest. Interne aktiviteit van deze ster lijkt niet de oorzaak te kunnen zijn, want voor zover we weten heeft een ster die zo licht is geen enkele interne aktiviteit. In 1971 kwam de Amerikaanse sterrenkundige Faulkner met een mogelijke oplossing voor dit probleem: *zwaartekrachtsstraling.* Met name voor de kortperiodieke kataklysmische variabelen, met een dubbelsterperiode van een uur of korter, lijkt deze oplossing aantrekkelijk. De twee om elkaar draaiende sterren zenden door hun grote snelheid zwaartekrachtsstraling uit en verliezen hierdoor energie. Met dit energieverlies gaat het krimpen van de baan gepaard: de sterren komen dichter bij elkaar te staan. Hierdoor wordt de Rochelob van de hoofdreeksster kleiner, en de materie die buiten de Rochelob steekt stroomt over naar de andere ster, de witte dwerg. (fig. 9).

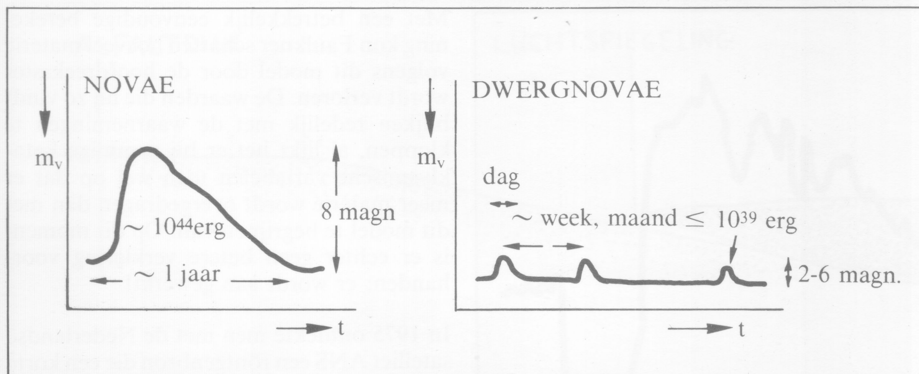
◀ *Fig. 5. Schets van een kataklysmische variabele.*

Met een betrekkelijk eenvoudige berekening kon Faulkner schatten hoeveel materie volgens dit model door de hoofdreeksster wordt verloren. De waarden die hij zo vindt blijken redelijk met de waarnemingen te kloppen, al lijkt het er bij sommige kataklysmische variabelen toch wel op dat er meer materie wordt overgedragen dan met dit model te begrijpen valt. Op dit moment is er echter geen betere verklaring voorhanden; er wordt aan gewerkt!

In 1975 ontdekte men met de Nederlandse satelliet ANS een röntgenbron die een korte stoot röntgenstraling uitzond. De Amerikaanse SAS-3 ontdekte alras een flink aantal van dit soort bronnen die met onregelmatige tussenpozen een stoot röntgenstraling ('burst') uitzenden, en waarvan een aantal ook in het optische licht uitbarstingen blijken te vertonen (fig. 11). De sterrenkundigen tastten aanvankelijk volstrekt in het duister omtrent de aard van deze bronnen, en een aantal speculaties deden de ronde, waarvan er enkele ook in Zenit (1978, p. 424) zijn besproken. Inmiddels is er echter een vrijwel algemeen aanvaard model gevonden. Dit model is in grote lijnen hetzelfde als dat van de kataklysmische variabelen; de massaopnemende ster is bij röntgenstootbronnen echter een neutronenster. De lichte begeleider verliest massa die via een schijf op de neutronenster terechtkomt. Daar verbrandt de waterstof vanwege de zeer hoge druk onmiddellijk tot helium. We merken daar weinig van omdat de hierbij vrijkomende hoeveelheid energie in het niet valt bij de zeer grote hoeveelheid energie die in de schijf om de neutronenster wordt geproduceerd. Op de neutronenster vormt zich een laag helium, die dikker wordt tot de druk en temperatuur voldoende zijn gestegen om fusie tot koolstof mogelijk te maken. Deze fusie gebeurt explosief, en de vrijkomende energie wordt in een stoot röntgenstraling uitgezonden. De waargenomen sterkte en duur van deze stoten kunnen met dit model uitstekend worden verklaard. En de verklaring van het massaverlies van de hoofdreeksster is geheel analoog aan het model van Faulkner voor de kataklysmische variabelen: de dubbelster verliest energie in de vorm van zwaartekrachtsstraling; de sterren komen dichter bij elkaar, en de nu buiten de Rochelob gekomen materie stroomt naar een schijf om de andere ster.

Een aantal andere röntgenbronnen in het dikkere centrale deel van ons melkwegstelsel (de melkwegbuil) vertoont weliswaar geen röntgenstoten, maar wordt vermoedelijk op dezelfde wijze van materie voorzien. Dat er geen röntgenstoten zijn komt doordat de heliumverbranding bij deze bronnen continu geschiedt, in plaats van in uitbarstingen. Evenals bij de kataklysmische variabelen is de waargenomen massastroom (zoals bepaald uit de röntgenlichtkracht) bij bursters en builbronnen in een aantal gevallen groter dan met het zwaartekrachtsstralingsmodel te verklaren valt. Ook aan dit probleem wordt gewerkt.

Hoewel er in het hier geschetste model van



▲
Fig. 8. Schematische lichtkrommen van novae en dwergnovae. Novae vertonen een snelle stijging van de lichtkracht, gevolgd door een langzame daling. Gedurende de uitbarsting, die zo'n jaar duurt, komt zo'n 10^{44} erg aan extra energie vrij. Dwergnovae vertonen met tussenpozen van weken tot maanden kleine uitbarstingen, die een dag duren en waarbij zo'n 10^{39} erg extra energie vrijkomt.

Fig. 9. Het door Nova Persei (1901) uitgeworpen gas (Foto Hale Observatories, 1949).

wordt uitgegaan dat de neutronenster een hoofdreeksster die hem van materie voorziet, als begeleider heeft, waren er tot voor kort nog nooit rechtstreekse aanwijzingen uit de waarnemingen voor het bestaan van zo'n begeleider verkregen. Jan van Paradijs van het Sterrenkundig Instituut van A'dam heeft echter in juni 1979 in de ESO sterrenwacht te Chili optische spectra verkregen van een burster waarop een absorptieband te zien is die van de begeleider afkomstig moet zijn. Daarmee is het bestaan van begeleiders bij röntgenstootbronnen aangetoond.
In 1974 ontdekten Hulse en Taylor met de grote radiotelescoop te Arecibo op Puerto Rico een pulsar in een dubbelstersysteem. (Een pulsar is een neutronenster met een sterk magneetveld, waar licht in nauwe bundels wordt uitgezonden. Als de lichtbundels van een vuurtoren draaien deze bundels met de neutronenster mee en zwiepen daarbij

De belangrijkste term voor de elektromagnetische straling is de verandering van het elektrische dipoolmoment:

$$e_1\ddot{\vec{x}}_1 + e_2\ddot{\vec{x}}_2 + e_3\ddot{\vec{x}}_3 + \ldots$$

met e_i de lading van het i-de deeltje, en $\ddot{x}_i$ de versnelling.

Voor zwaartekrachtsstraling krijgen we analoog:

$$m_1\ddot{\vec{x}}_1 + m_2\ddot{\vec{x}}_2 + m_3\ddot{\vec{x}}_3 + \ldots$$

met m_i de massa van het i-de deeltje
Voor centrale krachten is dit precies nul! Immers, beschouw twee deeljes a en b. De kracht van a op b is gelijk maar tegengesteld aan de kracht van b op a:

$$\vec{f}_{a\rightarrow b} = -\vec{f}_{b\rightarrow a}$$

Voor de versnellingen geldt dan:

$$m_b\ddot{\vec{x}}_b = \vec{f}_{a\rightarrow b}$$

$$m_a\ddot{\vec{x}}_a = \vec{f}_{b\rightarrow a} = -\vec{f}_{a\rightarrow b}$$

zodat $m_a\ddot{\vec{x}}_a + m_b\ddot{\vec{x}}_b = 0$.

Voor meerdere deeltjes is de redenering analoog.

over de aarde, waar we ze met grote radiotelescopen als flitsen zien.) De begeleider van deze pulsar is vermoedelijk zelf ook een neutronenster, en de baanperiode is slechts 8 uur, zodat relativistische effekten van groot belang zijn. Al spoedig werd de verschuiving van het periastron gemeten: 4,2° per jaar. Deze verschuiving is goed in overeenstemming met de voorspelde waarde zoals die volgt uit de algemene relativiteitstheorie. Omdat beide sterren neutronensterren zijn, en dientengevolge mooi bolvormig, zijn de veranderingen van de baan van de sterren om elkaar geheel het gevolg van de algemeen relativistische effekten. Allerlei andere effekten ten gevolge van het vervormd zijn van één of beide van de sterren treden hier niet op. Dat betekent dat we door meting van de veranderingen van de baan de algemene relativiteitstheorie zeer nauwkeurig kunnen testen.

De meest interessante test is die waarbij het bestaan van zwaartekrachtsstraling wordt aangetoond. De dubbelster zendt zwaartekrachtsstraling uit, waardoor beide sterren dichterbij elkaar komen te staan, en de baanperiode korter wordt. Dit korter worden van de baanperiode is door Taylor en zijn medewerkers inderdaad gemeten, en wel in een tempo dat precies overeenkomt met de waarde die we vinden door toepassing van de algemeen gangbare methode om met de algemene relativiteitstheorie de hoeveelheid zwaartekrachtsstraling te berekenen. Daarmee is dus niet alleen het bestaan van zwaartekrachtsstraling als zodanig aangetoond, maar tevens dat de algemene relativiteitstheorie precies de juiste hoeveelheid zwaartekrachtsstraling voorspelt! De waarnemingen aan de dubbelster radio pulsar vormen zodoende een goede (en tot nu toe enige) bevestiging van de theorie voor zwaartekrachtsstraling.

De schrijver is Ed Faverey en Evert Landré erkentelijk voor het verzorgen van een aantal figuren, en Piet Hut en Huib Henrichs voor een aantal nuttige opmerkingen over de tekst.

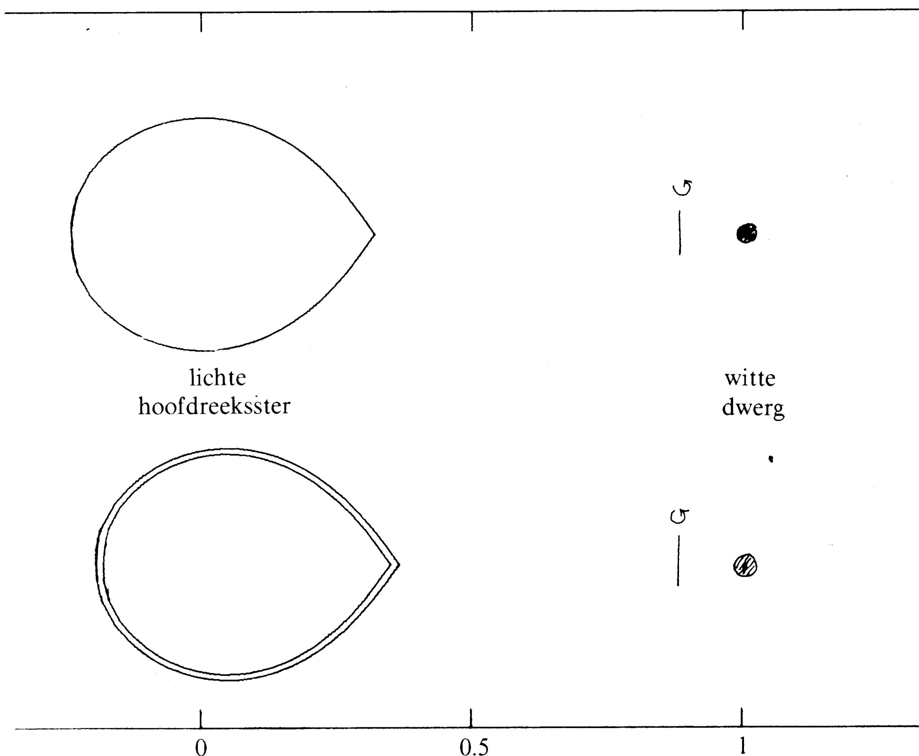


Fig. 10. Wanneer de afstand tussen beide sterren van een kataklysmische variabele kleiner wordt, wordt de Roche-lobe kleiner. Als de lichte hoofdreeksster zijn Roche-lobe aanvankelijk vulde, wordt de materie tussen het aanvankelijk oppervlak van de ster (buitenste lijn in b) en het nieuwe Roche-oppervlak (binnenste lijn) overgedragen op de witte dwerg.

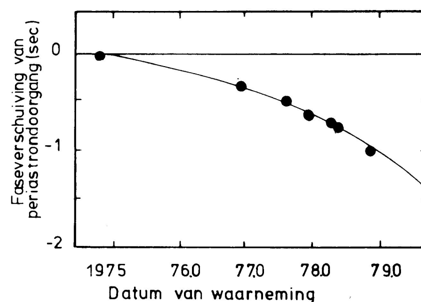


Fig. 14. Wanneer de baanperiode constant is, gebeurt de periastrondoorgang steeds op dezelfde fase. Bij verandering van baanperiode verschuift de fase echter. De punten geven de waargenomen faseverschuivingen van de periastrondoorgang van de radio dubbelster pulsar aan; de kromme lijn de verschuiving zoals voorspeld uit de algemene relativiteitstheorie.

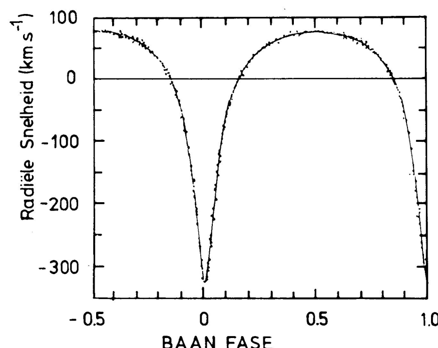


Fig. 12. De radiële snelheid van de radiodubbelster pulsar als funktie van de baanfase, zoals die was bij de ontdekking in 1974. Ten gevolge van de verschuiving van het periastron ziet de radiële snelheidskromme anno 1980 er anders uit.

Fig. 13. De baan van de radio dubbelster pulsar, zoals afgeleid uit fig. 12. De verschuiving van het periastron betekent dat de hoek tussen de plaats van het periastron en een vaste richting ten opzichte van de sterren zoals gezien vanaf de begeleider verandert. In de figuur betekent dit dat hoek φ per jaar 4,2° groter wordt.

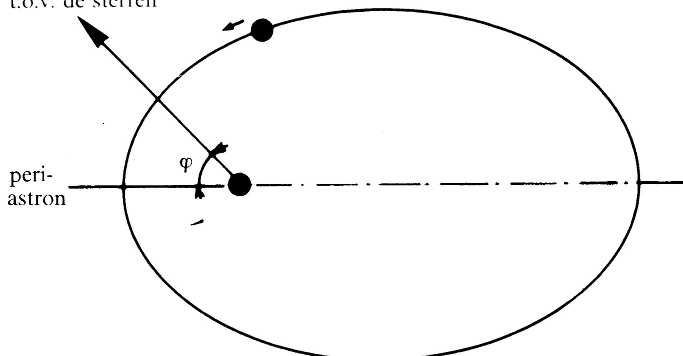
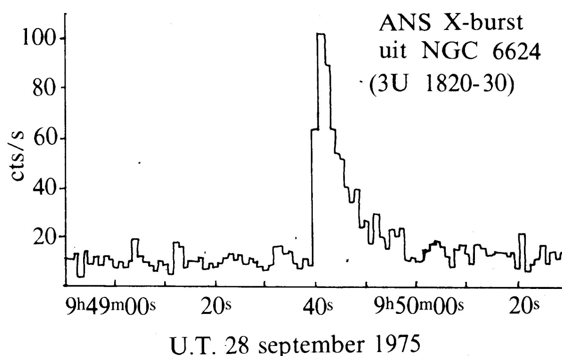


Fig. 11. De waarneming van de eerste burster door de ANS.



Fotomozaïek van de melkwe

Bijgaand fotomozaïek toont de melkweg in het gebied van de sterrenbeelden de Zwaan tot de Schutter. Het mozaïek is opgebouwd uit 5 opnamen met standaardlens (1,8/50mm), welke 10 minuten zijn belicht op 103a-E film. Er is *geen* roodfilter gebruikt. Tijdens het fotograferen is gevolgd door een 112/900mm Newton bij 150 maal vergroting. De film is ontwikkeld in ACU-1 (20 °C, 1:10, 8 min.) en er is afgedrukt op Agfa PE papier, gradatie hard. De foto's zijn gemaakt op 12 juli 1980 om 00.56 (Schutter), 01.14 en 01.30 uur en op 14 juli om 01.51 en 02.13 uur (Zwaan) in Argeles sur Mer (Z-Frankrijk).

Op de opnamen zijn erg duidelijk de vele stofbanen te zien. Daar wordt het licht van de melkweg geabsorbeerd door stof dat zich in die richting bevindt. Hierdoor komt het dat het centrum van de melkweg (in de richting van de Schutter) aan ons oog wordt onttrokken. Een stofbaan die erg in het oog springt bevindt zich op de grens van de sterrenbeelden Zwaan en Lier; deze heeft de vorm van een S.

Behalve de melkweg toont de opname nog enkele andere interessante objekten. De Omeganevel en de Lagunenevel zijn duidelijk te herkennen in het sterrenbeeld Schutter. In de Zwaan is ook de Noord-Amerikanevel te zien.

Robert Wielinga




g

De boodschap van de wetenschapsjournalist

Hoimar von Ditfurth, vroeger hoogleraar in de psychiatrie en neurologie te Würzburg in West-Duitsland, houdt zich thans als schrijver vooral bezig met het populariseren van de wetenschap. Hiervoor ontving hij enige tijd geleden de door de Unesco ingestelde Kalinga-prijs. In onderstaand artikeltje (eerder verschenen in *Unesco Nieuws*) geeft de auteur zijn ideeën over het populariseren van de wetenschap. Wij wilden deze ideeën niet onthouden aan onze lezers, die immers voortdurend wetenschapsnieuws krijgen voorgeschoteld. Ditfurth's boodschap gaat hierbij tevens vergezeld van onze beste wensen voor het jaar 1981.

Hoimar von Ditfurth

Schrijven over wetenschap heeft veel gemeen met preken. Wie zich ermee bezighoudt moet in beide gevallen de onwrikbare overtuiging hebben dat de boodschap belangrijk is en zoveel mogelijk mensen moet bereiken. De wetenschapsjournalist ervaart ook net als de predikant dat hij zijn publiek slechts gedurende beperkte tijd kan boeien. Daarna keert de aandacht terug tot wat belangrijker wordt geacht: politiek nieuws, economische zorgen, problemen van alledag.

Maar wat is de boodschap die de wetenschapsjournalist probeert uit te dragen? Op die vraag is het antwoord niet zo voor de hand liggend als menigeen denkt. Natuurlijk, hij brengt lezers en kijkers op de hoogte van wat de wetenschap nu weer heeft klaargespeeld. Maar dat is niet de kern van de zaak. Waarom zou de leek zich beter moeten voelen als hij weet dat ergens een geleerde een nieuw kerndeeltje heeft ontdekt? Of dat een groep specialisten erin is geslaagd om een stukje DNA ('deoxyribonucleic acid') uit de cel van een soort over te planten naar een cel van een heel andere soort?

Er wordt heel wat van dien aard gepubliceerd of uitgezonden. Maar wie raakt daardoor beter geïnformeerd? Eigenlijk alleen wie er op zijn vakterrein mee te maken heeft en die zal de feiten toch wel kennen voor ze bij de media terechtkomen. Het is best nuttig als het wetenschappelijk jargon wordt vertaald in alledaagse taal, maar het verandert de situatie niet erg. Onder mijn collega's zijn er die zich toeleggen op het verklaren van ingewikkelde technische methoden. Ze doen bijvoorbeeld erg hun best om hun lezers uit te leggen hoe een kernreactor werkt, wat voor een ruimtevaartexperiment allemaal nodig is en zo meer. Dat is ongetwijfeld ook een belangrijke functie van het schrijven over wetenschap.

Dit kan echter niet de hoofdzaak zijn. Om bij de kern te komen kan een voorbeeld dienen dat meer met de toegepaste wetenschap of technologie van doen heeft dan met het zuiver wetenschappelijk onderzoek. De doodgewone bliksemafleider is een geval van toegepaste wetenschap: de ontdekking van elektrische ladingen in de atmosfeer maakte het mogelijk wetten ter verklaring te formuleren en die maken het weer mogelijk een middel te vervaardigen dat huizen beschermt tegen blikseminslag. Belangrijker dan dit praktische resultaat is de verandering geweest die zich voltrok in de hoofden van de bewoners van het huis. Opeens was de met donderslagen smijtende demon, die sinds de dageraad der mensheid onze voorouders angst had ingeboezemd, verdwenen en vervangen door een 'natuurwet' die er zonder meer is en die zich niets aantrekt van de mens en zijn bestaan. In dit relaas is voor mij het belangrijkst dat er een ommekeer is gekomen in het menselijk begrip van de relatie tussen mens en natuur. En daarmee ben ik dan beland bij wat ook het wezenlijke is in het streven van de schrijver over wetenschap.

Een voorbeeld van jongere datum levert Albert Einsteins theorie der relativiteit. De consequenties daarvan zijn haast niet te tellen: van het vrijkomen van energie uit de atoomkern tot geheel nieuwe denkbeelden over oorsprong en kenmerken van het heelal. De consequentie waarop ik de nadruk zou willen leggen is die waardoor Einsteins theorie zijn revolutionerende niveau kreeg. De theorie wekte het inzicht dat in werkelijkheid ruimte en tijd van elkaar afhankelijk zijn, ook al kunnen we ons niet voorstellen wat dat precies betekent. De ruimte heeft niet de driedimensionale structuur à la Euclides, ook al doet ze zich als zodanig aan ons voor. De ruimte heeft een kromming die wel wiskundig te omschrijven is maar die niemand echt kan begrijpen. Sinds Einstein moeten we leven met de waarheid dat we nooit het universum helemaal zullen kunnen begrijpen, omdat de ingeboren structuur van het brein daartoe ontoereikend is. Einsteins ontdekking herinnert ons eraan dat de mens niet de absolute meester van de natuur kan zijn en dat de objectieve, uiteindelijke waarheid buiten bereik van zijn brein ligt.

Wetenschap behoort met de kunst tot de menselijkste der menselijke bezigheden. Zonder wetenschap en de voortgang daarvan zal de mensheid niet kunnen overleven. Daarbij is het essentieel dat het besef groeit dat onze vermogens om te oordelen en geestelijk onderscheid te maken slechts binnen natuurlijke grenzen functioneren. Dit besef geeft ons betere overlevingskansen. Want deze kennis dat de absolute waarheid onbereikbaar is vormt het begin der verdraagzaamheid en helpt dogmatisme te weerstaan. Te weten dat we deel uitmaken van de natuur maar daarvan niet de meesters zijn, kan ons ervoor bewaren de grondslag van ons bestaan te verwoesten door blinde verwatenheid.

We hebben geleerd dat we als getuigen en als deelnemers slechts een korte periode betrokken zijn bij het proces der evolutie dat miljarden jaren lang aan de gang is, overal in de natuur. Wat daarbij ontstaan is in steeds toenemende ingewikkeldheid maar ook schoonheid, blijft onherroepelijk ons vermogen tot redelijk begrip te boven gaan. Dat brengt ons op een punt waar religieus gevoel begint. Dit inzicht, deze manier om de hedendaagse wetenschap te begrijpen aan zoveel mogelijk mensen over te brengen, is voor mij de eerste plicht van de schrijver over wetenschap.

De rollen omgekeerd

Lange tijd is het hoge gebruik aan grondwater door drinkwaterleidingbedrijven en industrieën gezien als een bedreiging voor de landbouw door het dalende grondwaterpeil. De komst van grondwateroppompende beregenings-installaties en het uitgebreide gebruik ervan heeft de rollen omgedraaid: waterleidingbedrijven en industrieën die behoefte hebben aan kwalitatief hoogwaardig water, zoals industrieën voor frisdranken, kunnen in moeilijkheden komen. De landbouw doet in droge tijden een te sterk beroep op ons grondwater. Dit is de mening van ir. K. D. Venhuizen, directeur van de waterleidingmaatschappij voor de provincie Groningen.

De hoeveelheid winbaar water bedraagt per jaar ongeveer 1950 miljoen m^3. Daarvan gebruiken de waterleidingbedrijven ruwweg 700 miljoen m^3 en de industrie 400 miljoen m^3. Er is dan nog een reserve van 850 miljoen m^3; maar die wordt momenteel door de landbouw flink aangetast, met het gevolg dat eventuele uitbreiding van grondwaterwinning door waterleidingbedrijven en industrie in gevaar komt.

Al in 1976 werden in Nederland ongeveer 22.500 beregeningsinstallaties gebruikt. Daarnaast had de landbouw 3650 bevloeiingsinstallaties, die bovengronds water van sloten en toevoerkanalen gebruiken. Daardoor lagen de getallen van het waterverbruik in 1976 aldus: waterleidingbedrijven 656 miljoen m^3, industrie 386 miljoen m^3 en landbouw 300 miljoen m^3. Sommige gebieden hadden nog wat minder gunstige cijfers dan die volgens het landelijke beeld, zoals Noord-Brabant: waterleidingbedrijven 160 miljoen m^3, industrie 100 miljoen m^3 en land- en tuinbouw 125 miljoen m^3. Intussen is het aantal beregenings-installaties nog weer wat groter dan in 1976. Ir. Venhuizen is dan ook een voorstander van een geplande verdeling van het grondwater, m.a.w. van een *integraal waterbeheer*. In zo'n systeem zou de landbouw over meer oppervlaktewater moeten kunnen beschikken, zodat er meer grondwater overblijft voor waterleiding en industrie. (BZ/Energie en water (1980) no. 30, pag. 13)

Onregelmatige luchtspiegelingen



Fig. 1. Luchtspiegeling boven de spoorweg te Workum, 8 juli 1979. De opname werd gemaakt vanaf de overweg Heidenskipsterdŷk, kijkend richting Sneek. Doordat een objektief met een lange brandpunt-afstand (2000 mm) werd gebruikt, ontbreekt de diepte in de opname. Het brugwachtershuisje ligt op 435 m afstand, het dichtstbijzijnde sein op 635 m, de overweg Nijhuizummerweg op 1025 m, het andere sein op 1685 m en het bord '35' op 1880 m afstand. De afstand tot de trein bedraagt ca. 3800 m. De koplampen van de trein bevinden zich net boven de verdwijnlijn; daardoor ontstaan uitgerekte beelden van de lampen.

C. Floor

Luchtspiegelingen boven warme oppervlakken kunnen we beschrijven met behulp van een verdwijnlijn en een grenslijn (zie Zenit 1979, p. 254). Deze lijnen zijn recht en lopen horizontaal boven een horizontale kim. Het gespiegelde beeld vertoont dan een goede overeenkomst met het originele voorwerp erboven. Alleen de punten vlak boven de verdwijnlijn vormen hierop een uitzondering: van deze punten zien we een uitgerekt beeld (fig. 1). Als er zich echter vlak boven de verdwijnlijn geen opvallende lichtbronnen bevinden, kunnen we op grond van het voorgaande boven bijvoorbeeld een spoorlijn een luchtspiegeling verwachten zoals afgebeeld in fig. 2. Waarnemingen laten echter zien dat luchtspiegelingen boven spoorwegen, asfaltwegen en geasfalteerde zeeweringen vaak een minder regelmatig beeld vertonen.

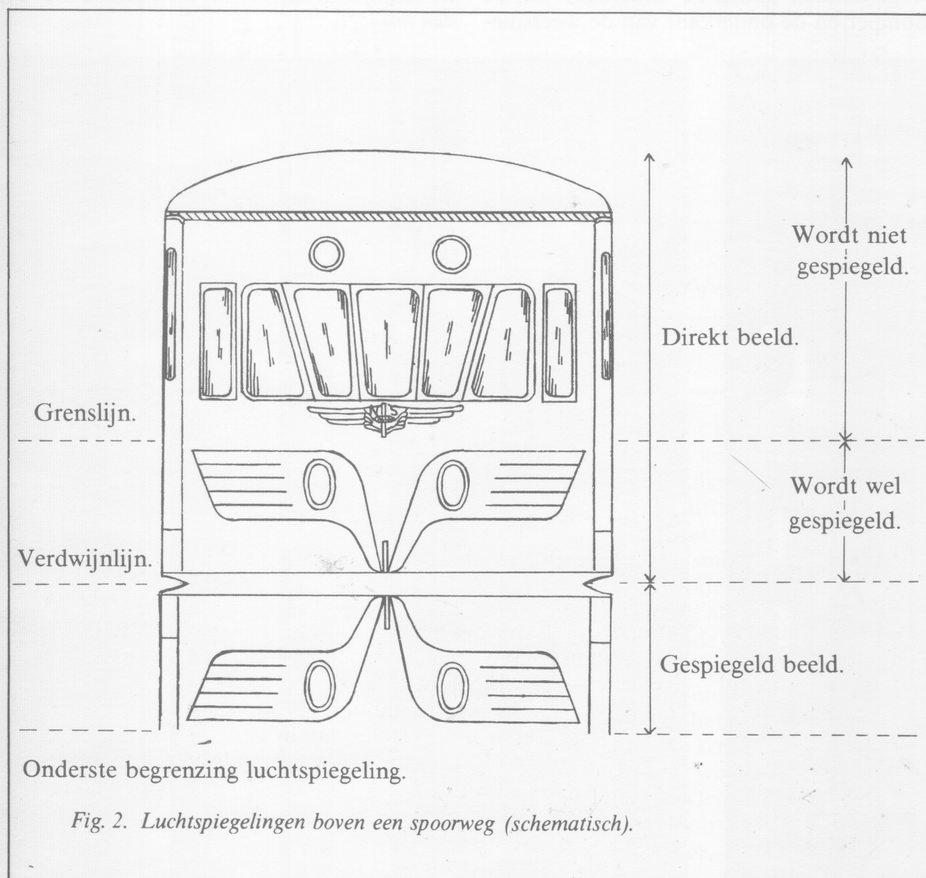
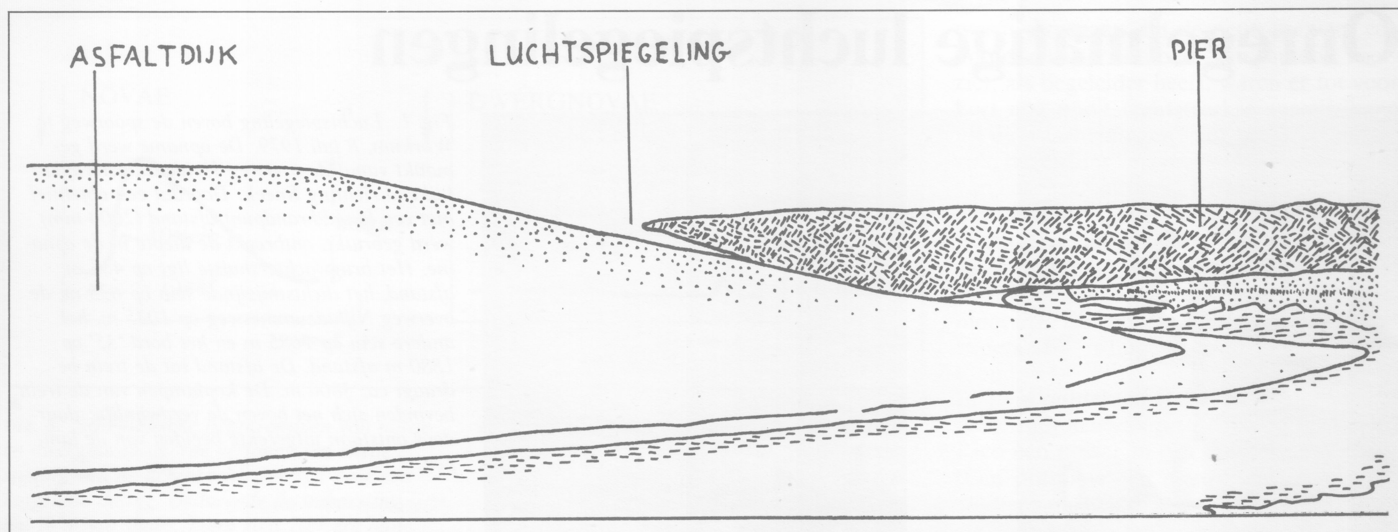


Fig. 2. Luchtspiegelingen boven een spoorweg (schematisch).

Het regelmatig verloop van verdwijnlijn en grenslijn en de goede overeenkomst van spiegelbeeld en origineel treden slechts op als het verloop van de temperatuur met de hoogte boven verschillende plaatsen van het aardoppervlak gelijk is. Steeds is in dat geval de temperatuur van alle punten in een horizontaal vlak hetzelfde.

Bij luchtspiegelingen op kleine schaal is dat vaak niet meer het geval. Een voorbeeld is de zuidhelling van de geasfalteerde Waddendijk van Schiermonnikoog (het hellende gedeelte van de dijk in fig. 3). Deze warmt gemakkelijk op in de zon, maar loopt niet horizontaal. De helling warmt de lucht erboven van onderaf op. Een waarnemer die in de lengterichting langs de opgewarmde dijk kijkt ziet dat het landschap in de verte (bijvoorbeeld de pier naar de aanlegsteiger) bovenaan niet doorloopt tot aan de dijk: tussen de pier en de dijk bevindt zich een wig van weerspiegelde lucht (fig. 3). Verdwijnlijn en grenslijn lopen hier evenwijdig aan de helling van de Waddendijk. De verdwijnlijn gaat door het meest linkse punt van de pier, dat nog zichtbaar is; de grenslijn op enige afstand daarboven. Doordat de weerspiegelde lucht niet te onderscheiden is van de hemel zelf en ook de weerspiegelde pier zich niet onderscheidt van de pier zelf, ontstaat de in fig. 3 weergegeven begrenzing tussen pier en dijk.

Boven spoorwegen zijn de luchtspiegelingen ook vaak onregelmatig. De beide spoorstaven vormen een uitstulping naar boven in een overigens vlakke bodem van de spoorweg, bestaande uit spoorgrind en bielzen. Doordat de lucht zowel door de ondergrond van de spoorweg als door de hogergelegen spoorstaven wordt opgewarmd lopen de lijnen van gelijke temperatuur niet horizontaal. Daardoor loopt de onderste begrenzing van de luchtspiegeling boven de spoor-



staven vaak lager dan midden tussen de spoorstaven. Dit is bijvoorbeeld duidelijk te zien op de voorplaat van Zenit van juni 1979. Het onregelmatig temperatuurverloop boven de spoorweg veroorzaakt ook onregelmatige beelden van voorwerpen die we op de spoorlijn waarnemen. De weerspiegeling van het rechte dak van de streekbus in fig. 4 is daarvan een voorbeeld. Een ander soort onregelmatigheid bij luchtspiegelingen boven een spoorlijn is te zien in fig. 5. Rechts is de luchtspiegeling beter ontwikkeld dan links: daar is de gele opschildering wel zichtbaar en links niet (vgl. met fig. 2). Bovendien is er langs de rechter spoorstaaf veel meer weerspiegelde lucht zichtbaar dan links.

Fig. 3. Luchtspiegeling boven de geasfalteerde Waddendijk te Schiermonnikoog, 22 september 1978. De tekening werd gemaakt van een dia. We kijken in oostelijke richting; het hellende gedeelte van de dijk is gericht op het zuiden.

Een scheef verlopende verdwijnlijn boven een asfaltweg is zichtbaar op fig. 6. Het rechter achterwiel van de Citroën 2CV (rechts) met de weerspiegeling ervan is groter dan het linker wiel met weerspiegeling. De verdwijnlijn moeten we ongeveer halverwege denken tussen de onderkant van de bumper en de onderkant van de weerspiegeling van de band; deze lijn loopt rechts dus lager dan links. Zo zien we ook de weerspiegeling van het rechter achterlicht lager dan de weerspiegeling van het linker achterlicht.

Waarnemen en fotograferen

Het waarnemen van de onregelmatigheden bij luchtspiegelingen gaat het best met een verrekijker. Voor het maken van foto's is een objektief nodig met een lange brand-



Fig. 4. Luchtspiegeling boven de spoorweg te Bilthoven, waargenomen vanaf de spoorwegovergang Groenekanseweg te Groenekan. De bus bevindt zich op de overweg Soestdijkseweg te Bilthoven op een afstand van ongeveer 3 km. Het gespiegelde beeld van de daklijn is vervormd door onregelmatige verhitting van de spoorweg. Doordat een objektief met een lange brandpunt-afstand is gebrùikt ontbreekt de diepte in de opname: de portalen van de bovenleiding staan ca. 70 m uit elkaar.



Fig. 5. Luchtspiegeling boven de spoorweg te Workum, 13 augustus 1978. Waarnemingsrichting als fig. 1 maar een langere brandpuntafstand (2500 mm). De trein bevindt zich in de buurt van de overweg Nijhuizummerweg. De luchtspiegeling is rechts beter ontwikkeld dan links.

Fig. 6. Luchtspiegeling boven de Leuvenlaan, de Uithof, Utrecht. De afstand tot de auto's bij de vluchtheuvel bedraagt ca. 900 m.



punt-afstand. De opname van fig. 3 en fig. 6 werden gemaakt met een Celestron C5 telescoop, waarvan de brandpunt-afstand 1250 mm bedraagt. Met een 2x-converter werd de brandpunt-afstand verdubbeld tot 2500 mm voor de opname van fig. 5. De 2x-converter werd gecombineerd met een Celestron C90 telescoop voor de opnamen van fig. 1 en 4; de brandpunt-afstand van deze kombinatie bedraagt 2000 mm.
Bij zulke lange brandpunt-afstanden kan gemakkelijk onscherpte optreden door het trillen van de opstelling. Met een korte sluitertijd, bijvoorbeeld $\frac{1}{500}$ of $\frac{1}{1000}$s, kunnen we dit zoveel mogelijk tegengaan. De lichtsterkte van de gebruikte kombinaties is echter gering (bijvoorbeeld diafragmagetal 22 bij fig. 1 en 4), zodat een zeer lichtgevoelige film nodig is om zulke korte sluitertijden te kunnen realiseren. Daarom werd bij die opnamen gekozen voor Kodak Ektachrome 400 diafilm, die door de ontwikkelcentrale van Capi-lux geforceerd ontwikkeld werd voor 1600 ASA (33 DIN, fig. 1) of 3200 ASA (36 DIN, fig. 4).
Omdat we over grote afstanden fotograferen moet de lucht helder zijn. Een heldere kleur van het voorwerp dat we gespiegeld zien geeft het beste resultaat. Lichte auto's en gele bussen of treinen (fig. 1 en 4) zijn zeer geschikt. Met de zon in de rug wordt het voorwerp het beste belicht. De koplampen van auto's en treinen vormen lichtsterke, min of meer puntvormige lichtbronnen. Daaraan kunnen we goed zien of er spiegelingen of vervormingen van het beeld optreden (fig. 1). Vaak kunnen de lampen ook gebruikt worden als hoogtemarkeringen.

Opnames van naderende treinen en naderende lichtvoerende-auto's zijn daardoor gemakkelijker te interpreteren. (De auto's op de rechte wegen in de IJsselmeerpolders en op de dijk Enkhuizen-Lelystad bijvoorbeeld hebben hun lichten meestal ontstoken). Bij wegen en spoorwegen is het van belang de eigen veiligheid niet uit het oog te verliezen. De opnamen van fig. 1, 4 en 5 bijvoorbeeld werden alle gemaakt vanaf een met belsignaal beveiligde overweg.

Nederlands onderzoek van Angolabekken

Het Nederlands Instituut voor onderzoek van de zee (NIOZ) gaat een onderzoek verrichten in het Angolabekken, een deel van de zuidelijke Atlantische Oceaan. Het onderzoek zal worden verricht in het belang van exploitatie van de zee voor grondstoffen, uit zorg voor het milieu en om meer inzicht te krijgen in klimaatsveranderingen. Het instituut heeft daartoe het gehuurde vrachtschip 'TYRO' uitgerust met speciale apparatuur. Het schip is eind september (1980) met een ploeg deskundigen uit Den Helder vertrokken. Het onderzoek, dat voor het grootste gedeelte wordt betaald door het ministerie van Wetenschapsbeleid, zal drie maanden duren en gaat vier en een half miljoen gulden kosten. Het vindt plaats onder auspiciën van de Nederlandse Commissie voor zee-onderzoek van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen en is het grootste Nederlandse onderzoek sinds 50 jaar. Na de Snelliusexpeditie aan het einde van de twintiger jaren voerden de Nederlandse instituten slechts incidenteel oceaan-onderzoek uit. Een toenemende exploitatie van de zee, waaronder handelsvaart, visserij, winning van aardolie, aardgas, zand en grind en de toekomstige diepzeemijnbouw, heeft geleid tot een dringende behoefte aan kennis van de processen die zich in zee en op de oceaanbodem afspelen.

(BZ/D. Eisma, NRC-Handelsblad 22 september 1980.)

Radioverschijnselen als boodschappers uit de zonnecorona (3)

Continuüm-uitbarstingen en hun geheimentaal

Zouden we de verschillende radioverschijnselen van de zon met 'radio-ogen' kunnen bekijken, dan zouden wij dikwijls getuige zijn van een fascinerend 'vuurwerk' dat zich boven het zonsoppervlak afspeelt. In het eerste deel van deze serie artikelen werd het décor beschreven waarin de radioverschijnselen zich afspelen: de corona. In het tweede deel werden een aantal uitbarstingen van verschillende soort en tijdsduur ten tonele gevoerd. In dit derde en laatste artikel bespreken wij de zogenaamde continuüm-uitbarstingen. Deze zijn vooral belangwekkend omdat zij in een soort van geheimtaal verwijzen naar bepaalde effecten die zich in de corona voordoen.

A. D. Fokker en J. M. E. Kuijpers

Sommige grote zonnevlammen geven aanleiding tot een injectie van zo vele en zo energieke deeltjes in de corona, dat over vrijwel het hele radiospectrum een grote intensiteitstoename optreedt. Men spreekt dan van een continuum of Type IV uitbarsting. De duur ervan ligt tussen een kwartier en meer dan een uur. Een ruw overzicht van het verloop in tijd op verschillende frequenties kan worden afgeleid uit registraties van de flux op verschillende frequenties. Enkele voorbeelden van zo'n spectraal diagram worden gegeven in Figuur 1. Hoewel iedere continuum uitbarsting weer anders is, zijn er in hoofdzaak toch enkele componenten in het Type IV continuum te onderscheiden:

1. Een mikrogolfkomponent: IV μ. Deze manifesteert zich gewoonlijk als een grote uitbarsting met een zeer plotseling begin en soms nog enkele daarop volgende sterke intensiteitstoenamen. Opmerkelijk zijn de kortstondige fluctuaties in deze straling, die aan het licht komen als men registreert met een groot tijdoplossend vermogen. Zoals gebleken is uit waarnemingen met de 10 cm radiometer te Dwingeloo, is de tijdschaal van die fluctuaties van de orde van 0,02 sec. Wellicht staan deze intensiteitswisselingen in direct verband met het versnellingsmechanisme, dat zich mogelijkerwijze stootsgewijs voltrekt.

2. Een decimeterkomponent: IVdm. In spectrale diagrammen is er meestal een soort overgangsgebied tussen het frequentiebereik van de grote mikrogolfuitbarstingen (f > 1500 MHz) en het metergolflengtegebied waar o.a. de ruisstormen optreden (f < 400 MHz). Door vergelijking van spectrale diagrammen ziet men hoe dit overgangsgebied op verschillende manieren wordt 'opgevuld'. Op de radiospectra onderscheidt de IVdm uitbarsting zich dikwijls door de karakteristieke modulaties die wij verderop zullen bespreken. Ook treden er in de IVdm straling soms pulsaties op met een periode van de orde van enkele seconden. Deze zouden het gevolg kunnen zijn van periodieke wisselingen in de sterkte van het magneetveld die gepaard gaan met het pulseren van een magnetische veldbuis. Met

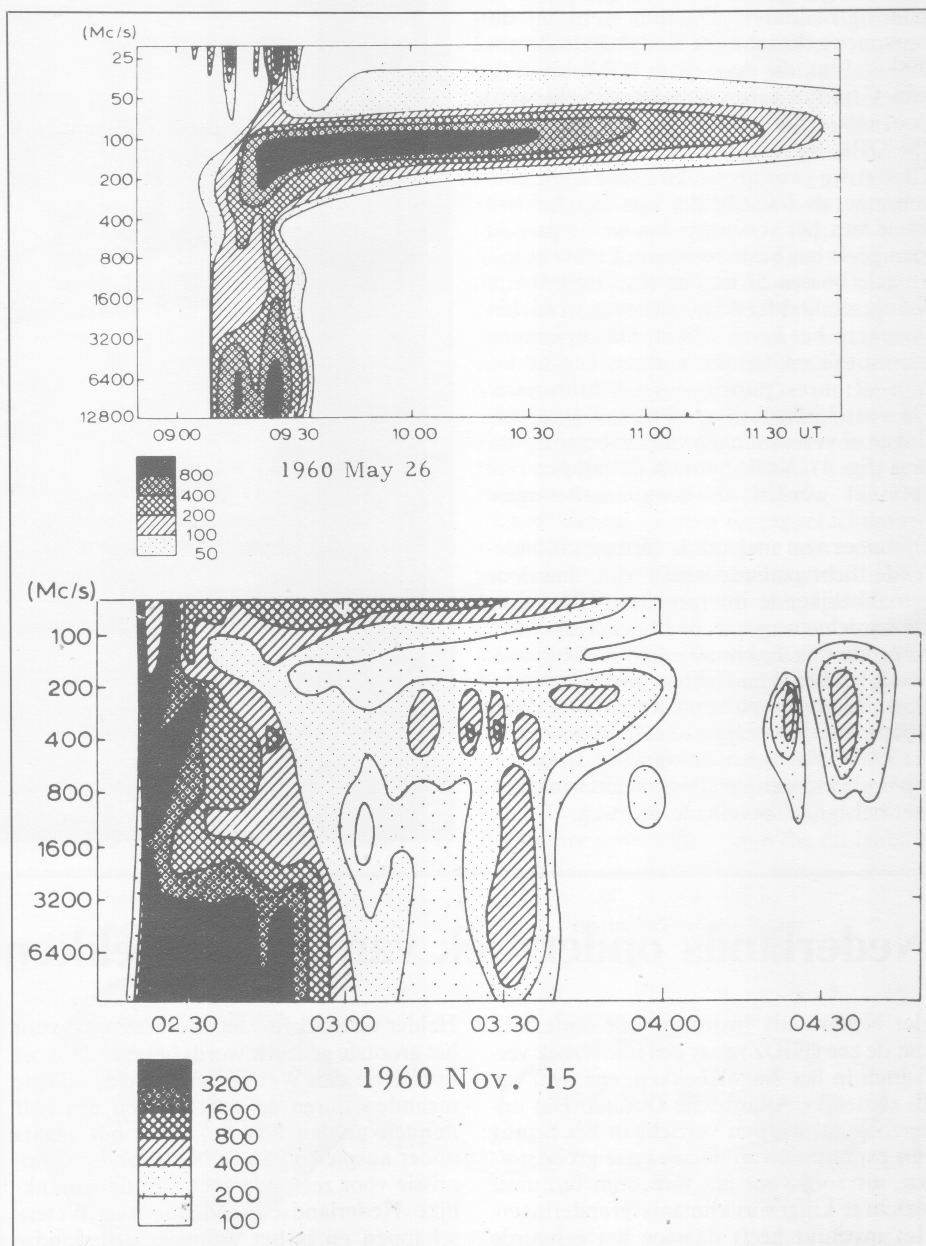


Fig. 1. Twee voorbeelden van spectrale diagrammen die een globaal beeld geven van de ontwikkeling van een continuum (Type IV) uitbarsting.

het variëren van de veldsterkte in zo'n buis zou de intensiteit van de gyro-synchrotronstraling op en neer gaan.

3. Een meterkomponent: IVm. Hierin zijn nog weer soorten te onderscheiden, namelijk een lang aanhoudende vorm van IVm die uren duurt en geleidelijk enigszins het karakter van een ruisstorm aanneemt en een 'bewegende' Type IVm waarvan het brongebied zich in de loop van één of meer uren steeds verder van de zon (tot op verscheidene zonsstralen) verwijdert.

Een gestileerde voorstelling van de Type IV uitbarsting, met aanduiding van de componenten, wordt gegeven in Figuur 2.

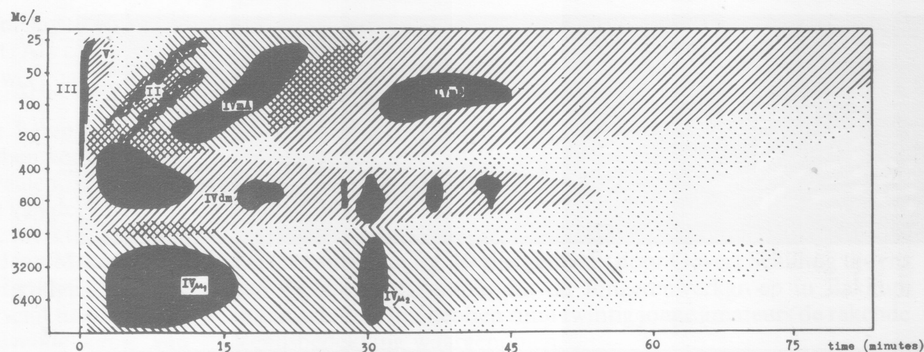


Fig. 2. Aanduiding van de verschillende componenten van een Type IV uitbarsting.

Snelle electronen in een magnetoplasma

We hebben met betrekking tot de Type III stoten al vermeld dat bundels snelle electronen een verstorende invloed op het plasma uitoefenen: er ontstaan plasmagolven en een kleine fractie van de daarin opgeslagen energie lekt weg in de vorm van radiostraling.

In het geval van de Type III uitbarsting ontsnappen de electronen meestal naar de interplanetaire ruimte, en als ze teruggebogen worden geven ze aanleiding tot een omgekeerde U-stoot. Maar in het geval van de langer aanhoudende, meer breedbandige vormen van radiostraling moeten we aannemen dat de electronen gedurende zekere tijd worden vastgehouden in een magnetische configuratie. Dat valt ook inderdaad te verwachten, omdat de magnetische veldlijnen veelal volgens lussen of bogen gegroepeerd zijn. Naar de voetpunten van zo'n boog neemt het magneetveld in sterkte toe; in de top is het 't kleinst. Als een om de veldlijn rondspiraliserend electron zich beweegt in de richting waarin het veld sterker wordt, neemt z'n spoedhoek toe (zie Fig. 3). Waar die spoedhoek tenslotte 90° wordt kan het electron niet verder doordringen en keert het van richting om. Zo reist een electron telkens reflecterend door een magnetische lus heen en weer.

Het meter-golflengte continuum moet, evenals de straling van Type III uitbarstingen, waarschijnlijk worden toegeschreven aan een verstoring van het plasma tengevolge van meer langdurige aanwezigheid van energetische in magnetische velden opgesloten electronen.

De radiostraling op decimetergolflengten is afkomstig van hoogtes (0,1 à 0,2 R_o) waar de magnetische velden al wat sterker zijn (2 à 20 Gauss). Electronen die van boven komen verkrijgen in dat niveau een steeds groter wordende spoedhoek en het gevolg is dat er een zekere anisotropie heerst in de richtingsverdeling der electronen, met dien verstande dat er in een gegeven punt relatief maar weinig electronen voorkomen waarvan de bewegingsrichting een kleine hoek met het magneetveld insluit. Men spreekt in dat geval van een verlieskegel (zie Fig. 4).

Zo'n verlieskegel anisotropie is bevorderlijk voor het ontstaan van plasmagolven. Dat is, populair uitgedrukt, een manier van het plasma om zich te verzetten tegen die anisotropie en isotropie te herstellen (iets geleerder uitgedrukt: het is een instabiele situatie). De frequentie van deze plasmagolven ligt iets boven de plaatselijke plasmafrequentie en is gelijk aan de zgn. bovenste hybride frequentie

$$f_{bh} = (f^2_p + f^2_g)^{1/2},$$

waarbij

de plasmafrequentie $F_p = (Ne^2/\pi m)^{1/2}$ en

de gyrofrequentie $f_g = eH/2\pi mc$

Deze plasmagolven worden alleen daar opgewekt waar de bovenste hybride frequentie een geheel veelvoud is van de gyrofrequentie: $f_{bh} = n.f_g$ waarbij n een geheel getal. Een getallenvoorbeeld:
f_{bh} = 300 MHz, f_p = 299,76 MHz, f_g = 12 MHz, n = 25.

Aan die voorwaarde wordt in het algemeen op een aantal verschillende niveaus voldaan. In veel gevallen zal langs zo'n niveau f_g niet geheel constant zijn en zal dus ook f_{bh} over dat niveau variëren. Vanaf al die gebieden bereikt ons radiostraling, door de plasmagolven op hun eigen (bovenste hybride) frequentie geproduceerd. De bijdragen vanuit al die verschillende resonante niveaus tellen op tot een continuum – het decimeter Type IV continuum.

Op nog lagere niveaus is het magneetveld relatief zo sterk dat de frequentie van de lagere harmonischen van de gyrofrequentie groter wordt dan de plasmafrequentie. Gyro-synchrotronstraling, uitgezonden op die harmonischen $n.f_g > f_p$ ($n \geq 4$) kan naar buiten ontsnappen. Alhoewel een plasma-achtige stralingscomponent niet uitgesloten is, lijkt de gyro-synchrotronstraling het hoofdaandeel te vormen in de grote centimeter Type IV uitbarstingen, evenals dat het geval is in de talrijke kleinere mikrogolfstoten. De sterkte van het magneetveld zou 100 à 1000 Gauss moeten bedragen en de energie van de electronen 0,1 à 1 MeV (v/c = 0,5 à 0,95).

Modulatie van het decimeter Type IV continuum

In veel gevallen vertoont de intensiteit van het Type IV decimeter continuum eigenaardige modulaties. Blijkens hun verschijningsvormen in het tijd-frequentievlak tre-

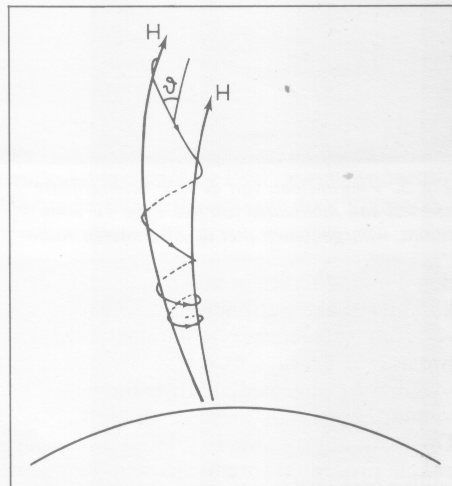


Fig. 3. Illustratie van de baan van een electron in een naar beneden sterker wordend magneetveld; ϑ is de spoedhoek.

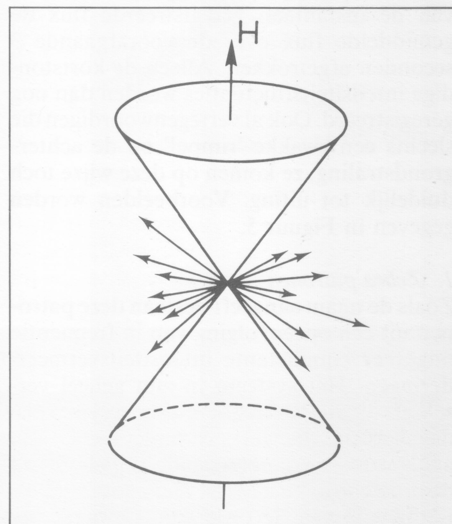


Fig. 4. De 'verlieskegel'. Met dit begrip wordt bedoeld dat de richtingsverdeling van de snelheden van superthermische electronen anisotroop is, doordat de electronen met bewegingsrichting binnen een zekere kegel met as evenwijdig aan het magneetveld H ondervertegenwoordigd zijn. Zulke electronen, met geringe spoedhoek, dringen namelijk door tot dichtere lagen, waarin ze hun energie door botsingen verliezen.
In een gegeven punt van een magnetische lus komen alleen zulke electronen voorbij, die een voldoende grote spoedhoek hebben, zodat ze op een hoogte waar de dichtheid nog voldoende gering is reflecteren. Deze situatie wordt in de figuur geïllustreerd.
De kegel wordt door de snelheidsvectoren van de electronen (aangegeven door pijltjes) gemeden.

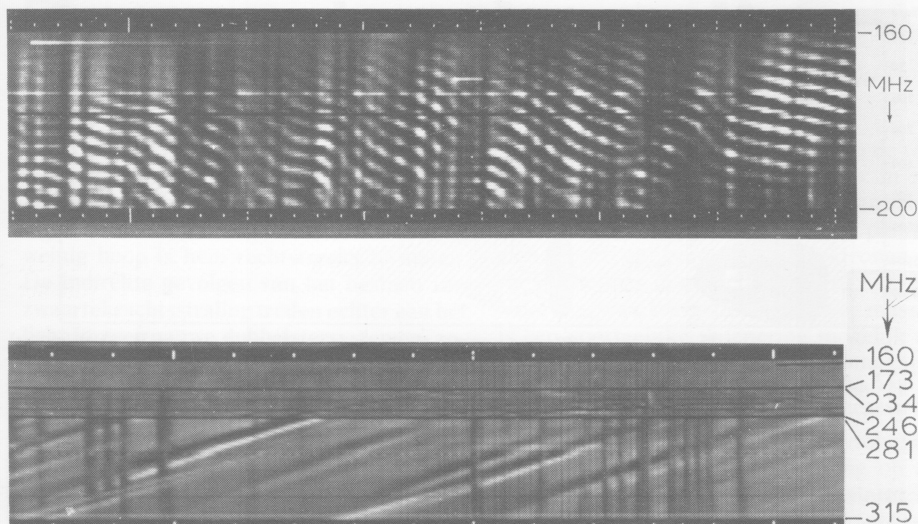


Fig. 5. Voorbeelden van de drie belangrijkste soorten van modulatie van het Type IV continuum, waargenomen met de 60 kanalen radiospectrograaf te Dwingeloo. Boven: zebra's; Beneden: fibers. In beide voorbeelden komen ook plotselinge reducties voor.

den die modulaties in hoofdzaak op in drie karakteristieke patronen:

- zebra structuren ('parallel drifting bursts');
- 'fibers' ('intermediate drift bursts');
- plotselinge reducties.

De modulatiegraad $\triangle F/F$ loopt uiteen van enkele procenten tot enkele tientallen procenten. Deze verschijnselen zijn in het bijzonder goed bekend geworden dankzij de waarnemingen met de radiospectograaf te Dwingeloo. In elk van de 60 kanalen waaruit deze spectograaf is opgebouwd wordt van de instantaan geregistreerde flux de gemiddelde flux over de voorafgaande 3 seconden afgetrokken. Alleen de kortstondige intensiteitsfluctuaties worden dan nog geregistreerd. Ook al vertegenwoordigen die slechts een zwakke 'rimpel' op de achtergrondstraling, ze komen op deze wijze toch duidelijk tot uiting. Voorbeelden worden gegeven in Figuur 5.

1. Zebra patronen

Zoals de naam aangeeft bestaan deze patronen uit een opeenvolging van in frequentie ongeveer equidistante intensiteitsvermeerderingen. Het systeem in zijn geheel verschuift meestal in frequentie, en wel met een drifsnelheid die zeer veranderlijk is. De afstand tussen aangrenzende ribbels is van de orde van enkele MHz. Het aantal ribbels is dikwijls van de orde van 10, maar bedraagt soms enkele tientallen. Een gegeven zebrapatroon manifesteert zich meestal gedurende enkele tientallen seconden en duurt soms langer dan een minuut.

2. Fibers

De zogenoemde fibers zien er in het tijd-frequentievlak uit als een draad of lint, dat met uniforme driftsnelheid van hogere naar lagere frequenties verschuift. Een fiber manifesteert zich altijd als een combinatie van verheldering en verzwakking, met de verheldering aan de hoogfrequente zijde. Soms treden er verscheidene fibers tegelijk op, en gezamenlijk lijken ze dan wel eens op een zebrapatroon. Maar ze zijn dan minder fraai equidistant en hun driftsnelheid is veel meer constant dan bij de zebra's het geval is. De afstand tussen de verheldering en de verzwakking is van de orde van 1 à 2 MHz; de totale breedte van de fiber is ongeveer het dubbele van die afstand. De driftsnelheid is van de orde van 10 MHz/s en neemt naar hogere frequenties gemiddeld toe.

3. Plotselinge reducties

Dit zijn plotselinge en kortstondige verminderingen (van de orde van 10 à 50%) van de fluxdichtheid, die vrijwel gelijktijdig plaatsvinden over een frequentiebereik van de orde van een half octaaf à één octaaf. Even plotseling als de vermindering optreedt, komt meestal binnen één seconde de signaalsterkte weer terug op het uitgangsniveau. De reducties komen meestal in series voor, onregelmatig in de tijd verdeeld. Ze treden dikwijls gelijktijdig op met zebra's of fibers; de beide soorten modulaties lijken elkaar niet te beïnvloeden. Een voorbeeld waarin deze drie soorten modulaties door elkaar heen voorkomen wordt gegeven in Figuur 6.

Interpretatie van de Type IV modulaties

1. De Zebra patronen

Zoals reeds vermeld leidt het bestaan van een verlieskegel tot de opwekking van plasmagolven op de bovenste hybride frequenties indien deze een geheel veelvoud n van de gyrofrequentie is. Indien nu over een resonantieniveau, corresponderend met een bepaalde n, de bovenste hybride frequentie f_{bh} voldoende constant is, zodat $\delta f_{bh} < f_g$, dan zal de in een bepaald resonantieniveau opgewekte radiostraling onderscheidbaar zijn van die afkomstig van naburige zulke niveaus. Al die resonanties zien we zich dan aftekenen in het frequentie-tijd vlak als de banen van een zebrapatroon.

Aangezien de lokatie van de resonante niveaus erg gevoelig is voor de precieze veld- en dichtheidsstructuur in het brongebied, leidt een kleine verandering in de structuur van het magnetoplasma tot een verplaatsing van die oppervlakken, waarmee een merkbare verschuiving in de frequentie van de uitgezonden radiostraling gepaard gaat; vandaar de 'drift' in het zebrapatroon.

2. De Fibers

Indien plasmagolven met elkaar of met een ander type golf in wisselwerking treden, leidt dat in het algemeen tot emissie van radiostraling. Die radiostraling wordt dan geproduceerd op de somfrequentie van die beide golffrequenties. Bij de Type III uitbarstingen hebben we gezien dat plasmagolven door onderlinge beïnvloeding aanleiding geven tot radio-emissie op de dubbele plasmafrequentie.

Behalve de radiogolven van het soort dat de corona verlaten kan (hun frequentie moet dan (iets) groter zijn dan de plasmafrequentie), kunnen er in een magnetoplasma ook zgn. 'whistlers' bestaan, dat is een type electromagnetische golf met een frequentie f_w beneden de gyrofrequentie f_g (die in de corona op zijn beurt weer kleiner is dan de plasmafrequentie f_p).

Deze whistlers kunnen de corona niet verlaten omdat ze op hun weg naar buiten het niveau zouden moeten passeren waar $f_w = f_g$ wat volgens de theorie van de golfvoortplanting onmogelijk is. De whistlers zitten dus als het ware opgesloten. Ook de whistlers danken hun ontstaan aan de verlieskegel; in het bijzonder worden ze opgewekt waar die kegel een wijde opening heeft, laag in een magnetische fluxbuis.

Onder bepaalde omstandigheden kan een heel pakketje van whistlers omhoog reizen. Ontmoet zo'n pakket het veld van plasmagolven, dan zullen de whistlers met die plasmagolven combineren en wordt radiostraling geproduceerd op een frequentie $f = f_{bh} + f_w$. Ter plaatse waar dat pakket zich bevindt geeft een deel van de plasmagolven dus geen radiostraling af op frequentie f_{bh} maar op de iets hogere frequentie $f_{bh} + f_w$. Die plasmagolven gaan verloren voor de opwekking van radiostraling op hun eigen frequentie, maar produceren extra straling op de 'verschoven' frequentie $f_{bh} + f_w$. Dit beeld laat kwalitatief zien hoe een stukje emissie wordt overgeheveld van de ene frequentie (f_{bh}) naar een iets hogere ($f_{bh} + f_w$).

Het frequentieverschil Δf correspondeert met de whistlerfrequentie, die zelf wellicht $0{,}1 \times f_g$ bedraagt. De gyrofrequentie zou dan ca. 15 MHz kunnen bedragen, corresponderend met een magnetisch veld van ca. 5 Gauss bij een dichtheid van 10^9 cm^{-3}. Naarmate het whistlerpakket verder omhoogreist, zien we de fiber zich naar lagere frequenties verplaatsen.

3. Plotselinge reducties

Zoals gezegd bestaat het Type IV continuum bij de gratie van de verlieskegel. Dit betekent dat bij een plotselinge opvulling van die ontbrekende richtingen van electronensnelheden het genereren van plasmagolven wordt onderbroken. Zo'n opvulling zou tot stand kunnen komen indien snelle deeltjes met snelheidsvectoren nagenoeg langs het magneetveld worden ingeschoten. Zolang zulk een injectie zou voortduren (enkele tienden van een seconde) zal de verlieskegel althans gedeeltelijk verdwijnen en

daarmee de agitatie van het plasma verminderen.
Wel blijft het enigszins problematisch, hoe het verschijnsel zo precies gelijktijdig over een aanzienlijk frequentiebereik kan optreden. Dat correspondeert namelijk met een hoogteverschil van één tot enkele tienduizenden kilometers, en het is moeilijk in te zien, hoe de verschillende delen van zo'n groot emissiegebied zich in hun stralingsgedrag precies laten synchroniseren. De plotselinge reducties zijn mede om die reden wel zeer intrigerend.
Volgens dit beeld zouden de plotselinge reducties, evenals de Type III uitbarstingen, wijzen op de werkzaamheid van een injectiemechanisme. In het algemeen zijn er geen coïncidenties tussen reducties en Type III uitbarstingen (wel eventueel toevallige), zodat we zouden moeten aannemen dat er verschillende injectiemechanismen voorkomen. Wel ziet men soms een reductie die aan zijn laag-frequente zijde overgaat in een type III-achtig emissieverschijnsel. Dit kan men begrijpen als het gevolg van een geïnjecteerde bundel die op hoge frequenties (laag in een magnetische fluxbuis waar de verlieskegel groot is) de bestaande plasma-instabiliteit onderdrukt en op lagere frequenties (hoog in de buis waar er nauwelijks een verlieskegel meer is) het plasma exciteert als een type III stoot.
Uit de tijdsduur τ waarover zich een plotselinge verandering van de sterkte van het continuum voltrekt kan een bovengrens voor de bronafmeting L worden afgeleid: $L < \tau c$, met τ = ca. 0,01 s en c = lichtsnelheid. Men vindt een typische afmeting van slechts enkele duizenden kilometers.

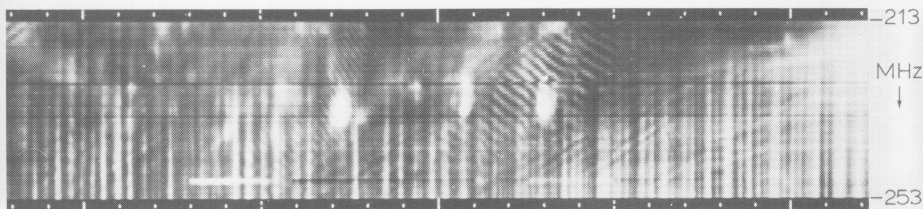


Fig. 6. In dit Type IV continuum, waargenomen op 29 juni 1971 met de 60 kanalen radiospectrograaf te Dwingeloo, komen de drie modulatietypen door elkaar voor. De plotselinge reducties zijn, in snelle opeenvolging, overheersend; er zijn twee zebrasystemen te onderscheiden en enkele zwakke fibers.

Whistlers zijn electromagnetische golven met frequenties lager dan de gyrofrequentie. De brekingsindex voor whistlers in een magnetoplasma is sterk afhankelijk van de hoek die de golfnormaal met het magneetveld insluit en als gevolg daarvan vertonen whistlers een sterke neiging om zich voort te planten in richtingen die een vrij kleine hoek met het magneetveld insluiten. Whistlers zijn goed bekend als de audiofrequente pulsen (hoorbaar te maken als 'fluittoontjes') die worden veroorzaakt door bliksemontladingen en dan langs veldlijnen van het aardmagnetische veld heen en weer reizen, zodat een eerste puls door een groot aantal echo's wordt gevolgd.

Slotopmerkingen

Door middel van de steeds verfijnder en gedetailleerder bestudering van de radioverschijnselen van de zon en de daarmee gepaard gaande ontwikkeling van theoretisch inzicht, hebben we veel geleerd van de fysica van het door bundels en schokken verstoorde coronale plasma. We beschikken thans over enige 'handvaten' om uit de eigenschappen van de ontvangen radiostraling de toestand van het plasma af te leiden.
Nu is de tijd aangebroken om deze ervaring in te brengen in de behandeling van het probleem van de zonnevlam zelf, namelijk de vraag hoe de versnelling van deeltjes en de verhitting van het plasma in z'n werk gaat.
Nader geperfectioneerde radiowaarnemingen zullen in combinatie met gegevens verkregen in andere golflengtegebieden, met name door middel van de 'Solar Maximum Mission Satellite', ertoe bijdragen de ware aard van het vlamverschijnsel te doorgronden. In het kader van de zgn. 'Solar Maximum Years' worden daartoe een aantal alomvattende waarneemcampagnes gehouden. Nederland levert daartoe een bijdrage met waarnemingen met de Westerbork Synthese Radiotelescoop bij een hoog tijd- (0,1 s) en ruimtelijk (3″) oplossend vermogen en met de 60 kanalen radiospectrograaf die met een tijdoplossend vermogen van 10^{-3} s de spectrale eigenschappen van de radiogebeurtenissen nabij 1 GHz zal ontrafelen. Voorts bevindt zich in de SMM satelliet de 'Hard X-ray imaging spectrometer' (HXIS) die door het Utrechtse Laboratorium voor Ruimteonderzoek is ontworpen voor het verkrijgen van gedetailleerde röntgenafbeeldingen van activiteitscentra.

Eigen klimaat van Finse steden

Grote steden hebben hun eigen klimaat, dat soms in belangrijke mate afwijkt van het klimaat van het omringende, landelijke gebied. Maar niet alleen steden, ook dorpen beïnvloeden de dagelijkse gang van de meteorologische elementen. Voor Nederland is het eerste uitvoerig onderzocht door Conrads voor de stad Utrecht (lit. 1), het laatste door IJnsen voor het dorp Stiens bij Leeuwarden (lit. 2).
De Fin Heino onderzocht de invloed van de Finse steden Helsinki (500.000 inwoners) en Jyväskylä (60.000 inwoners) op de klimatologische elementen (lit. 3); hij ging dit na voor het tijdvak 1961-1975. Hij vond dat de invloed van een grote stad als Helsinki ongeveer twee maal zo groot was als die van het veel kleinere Jyväskylä en kwam gemiddeld tot de volgende schattingen van de afwijking van het Finse stadsklimaat ten opzichte van dat in de landelijke omgeving:
Gemiddelde temperatuur (jaargemiddelde) 0,4 tot 0,8 °C hoger; gemiddelde dagelijkse maximumtemperatuur 0,1 tot 0,2 °C hoger; gemiddelde dagelijkse minimumtemperatuur ongeveer één graad C hoger; dagelijkse gang van de temperatuur ongeveer één graad minder; de minimumtemperatuur in heldere, stille nachten meer dan 10 °C hoger (!); het aantal vorstdagen ongeveer 10% minder; het aantal dagen met een sneeuwdek ongeveer 10% minder en de relatieve vochtigheidsgraad enkele procenten lager.
De invloed op de bedekkingsgraad (hoeveelheid bewolking) en op de hoeveelheid neerslag kon niet worden aangetoond. Dit kwam niet overeen met de onderzoekingen van Kratzer en Changnon, die resp. voor Europese en Noordamerikaanse steden aantoonden dat de hoeveelheid neerslag speciaal aan de lijzijde van een stad hoger is dan in de omgeving. De toename van de hoeveelheid neerslag bedroeg ongeveer 10% (lit. 4 en 5). Heino veronderstelt dat in Helsinki de Finse Golf meer bepalend is voor het patroon van de neerslag dan de stad Helsinki zelf.

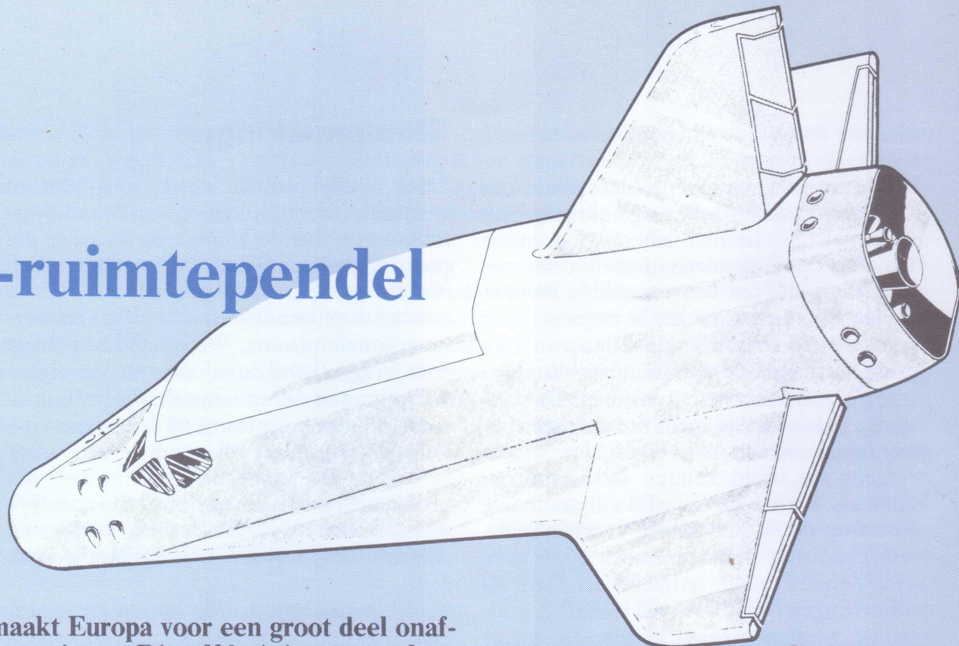
B. Zwart

Literatuur

1. L. A. Conrads, *Observations of meteorological urban effects: The heat island of Utrecht,* Utrecht, 1975.
2. F. IJnsen, *Dorpseffect op de luchttemperatuur te Stiens (Fr.),* De Bilt, 1976.
3. R. Heino, *Urban effect on climatic elements in Finland,* University of Helsinki, Department of Meteorology, Papers No. 132. Helsinki, 1979.
4. P. A. Kratzer, *Das Stadtklima,* Braunschweig, 1956.
5. S. A. Changnon, *Recent studies of urban effects on precipitation in the United States,* WMO Technical Note No. 108. Geneva, 1970.

HERMES:

Europese mini-ruimtependel



Benny Audenaert

De Ariane-raket in haar huidige vorm maakt Europa voor een groot deel onafhankelijk op het gebied van onbemande lanceringen. Diezelfde Ariane zou echter wel eens grote mogelijkheden kunnen bieden voor de lancering van bemande ruimtetuigen. Tot deze conclusie kwam het Franse bedrijf Aérospatiale in Les Mureaux (bij Parijs). De Franse nationale ruimtevaartorganisatie Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) had in april 1977 aan Aérospatiale gevraagd na te gaan of een bemand ruimtetuig met een opgevoerde Ariane gelanceerd zou kunnen worden. Dit blijkt dus inderdaad mogelijk te zijn en het ruimtetuig heeft reeds een naam gekregen: Hermes. Hermes zou een kleine ruimtependel worden die, net als als zijn grote broer de Amerikaanse Space Shuttle, steeds opnieuw kan worden gebruikt.

In de Griekse mythologie was Hermes de boodschapper der goden, te vergelijken met de Romeinse Mercurius. Dat Hermes zijn naam niet gestolen heeft zal verder in het artikel blijken, want het ruimtetuig zou zowat de 'boodschappenjongen' van de ruimtevaart worden. Vooraf moet echter opgemerkt worden dat nog niets werkelijk beslist is in verband met de uitvoering van een project als Hermes. Het gaat om studies waarbij o.a. duidelijk moet worden of zo'n project financieel gerechtvaardigd is. Heeft het immers zin aan de vrij dure ontwikkeling en uiteindelijke bouw van een Europese ruimtependel te beginnen als de Verenigde Staten al over een veel groter gelijkwaardig toestel beschikken? Verderop zal echter duidelijk worden dat Hermes juist door zijn kleine vorm uitstekend geschikt is voor bepaalde vluchten die met de Amerikaanse ruimtependel moeilijker te verwezenlijken zijn of duurder uitvallen. Bovendien geeft Hermes Europa ook op het gebied van bemande ruimtevaart een zekere mate van onafhankelijkheid.

Dat CNES precies aan Aérospatiale vroeg om de mogelijkheden voor een eigen Europese ruimtependel te onderzoeken is niet verwonderlijk. Aérospatiale, opgericht op 1 januari 1970 onder de volledige naam Société Nationale Industrielle Aérospatiale (SNIAS), is immers één van de belangrijkste constructeurs van ruimtevaarttechnologie op het Europese continent. Aérospatiale ontstond als een samensmelting van drie bedrijven en heeft nu meer dan 37 000 mensen in dienst. Het centrum in Les Mureaux ligt ongeveer 40 km ten westen van Parijs.

Ontwikkeling van ARIANE

Indien nu werd gestart met de ontwikkeling van Hermes, zou Europa rond 1990 over een eigen steeds opnieuw bruikbare ruimtependel kunnen beschikken. De ontwikkeling van de Ariane-raket in de periode 1980-1990 speelt hierbij een belangrijke rol. In het beginstadium van de studie van Aérospatiale mocht het startgewicht van Hermes niet boven de 6500 kg uitkomen. Na verder onderzoek bleek echter dat Ariane met de nodige verbeteringen en veranderingen wel meer dan 10 000 kg in een lage baan kan brengen. Aérospatiale gaat er dan ook van uit dat Hermes een startgewicht van ca. 10 ton heeft.

CNES heeft aan de Europese ruimtevaartorganisatie ESA voorgesteld verbeteringen aan de huidige Ariane-raket aan te brengen. Het programma van CNES werd op 26 juli 1979 in principe goedgekeurd door ESA. De huidige Ariane-raket kan een lading van 1700 kg in een transfertbaan brengen: dit is een elliptische baan tussen ca. 200 en 36 000 km hoogte. Vanuit deze baan kan een satelliet van 950 kg in de uiteindelijke cirkelvormige geostationaire baan op 36 000 km hoogte worden gebracht.

Rond het midden van 1983 hoopt men met een raket van het type Ariane-2 al 2000 kg in een transfertbaan te kunnen brengen. Om dit te bereiken wordt er aan gedacht de brandstoftanks van de derde trap te vergroten, zoals de verschillende trappen meer stuwkracht kunnen leveren. Het aanbrengen van nog twee extra boosterraketten aan de eerste trap moet leiden tot een Ariane-3 (2350 kg in een transfertbaan) die tegelijk met Ariane-2 beschikbaar is. Het gebruik van Ariane-2 of -3 zal afhangen van het gewicht van de te lanceren kunstmanen.

Rond 1985 hoopt men de mogelijkheden nog te vergroten met Ariane-4, die grotere tanks in de eerste trap en vier boosterraketten moet krijgen. Uiteindelijk moet de ontwikkeling rond 1990 leiden tot een drietraps Ariane-5 die 5500 kg in een transfertbaan kan brengen. Dankzij ondermeer een erg grote neuskegel kan Ariane-5 grote kunstmanen lanceren. De technici van ESA hopen niet alleen de nuttige lading van de Ariane te kunnen verhogen, maar tevens de kostprijs van lanceringen te kunnen verminderen. De kostprijs van lanceringen 'per kilogram' zou bij Ariane-4 slechts 55% van de huidige kostprijs bedragen. Dit cijfer hoopt men te kunnen verminderen tot 40% bij Ariane-5.

HERMES' opbouw

Een tweetraps Ariane-5 zou 10 000 kg in een baan op 200 km hoogte kunnen brengen. Men zou er ondermeer ruimtestations zoals Spacelab mee kunnen lanceren. Dergelijke stations (die reeds de naam 'Minos' kregen) zouden onafhankelijk kunnen functioneren in een baan om de aarde. Het is deze versie die ook Hermes zou kunnen lanceren.

De uiterlijke vorm van Hermes is afgeleid van de Amerikaanse ruimtependel. De lengte bedraagt 12 meter, de spanwijdte van de delta-vleugels 7,4 meter. Even een vergelijking met de Orbiter van de Amerikaanse Space Shuttle: deze is 37 meter lang en heeft een vleugelwijdte van 24 meter. Bij de landing weegt de Orbiter 85 000 kg.

Voor het ontwerp van Hermes werd uitgegaan van een onder druk gebracht compartiment en een ruimte met apparatuur waaromheen een constructie met vleugels, een verticale vin en een landingsgestel zijn aangebracht. Het compartiment heeft een inhoud van 15 m³. Hermes biedt plaats aan vijf astronauten, of aan twee astronauten en een lading van 1500 kilogram (laatstgenoemde wordt vervoerd in 12 containers met een inhoud van 0,125 m³). De laatste configuratie zou uiterst geschikt zijn voor bevoorradingsmissies van ruimtestations zoals 'Minos'. Men zou in dit geval de vergelijking kunnen trekken met de Russische ruimteschepen van het type Progress die regelmatig het ruimtestation Saljoet-6 bevoorraden. Hun lading bedraagt steeds ongeveer 2 ton. Voor zulke vluchten zou Her-

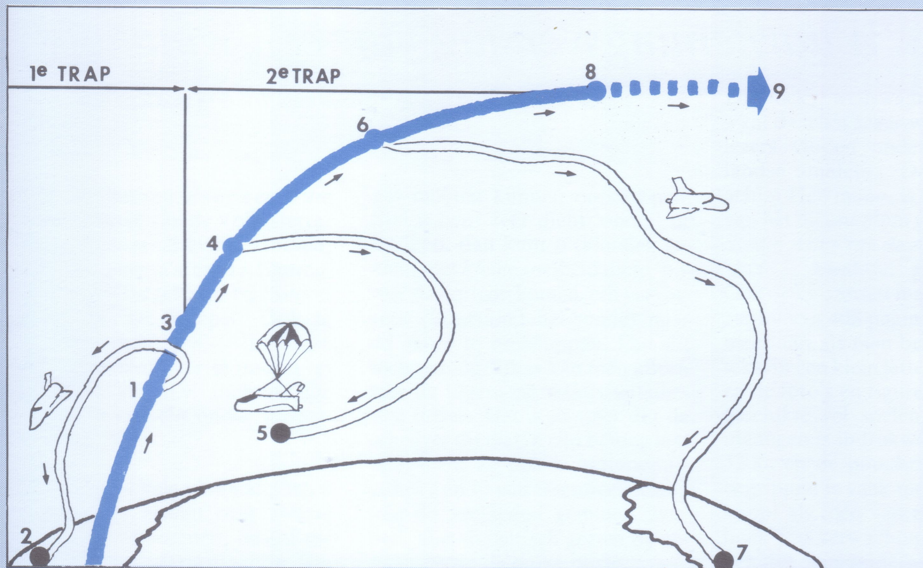


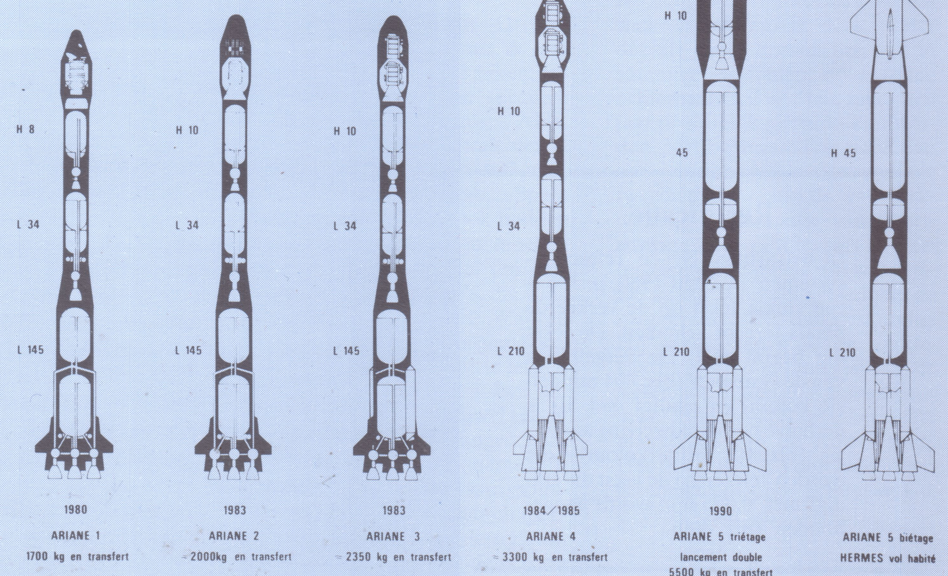
Fig. 2. Landingsmogelijkheden van Hermes. Hermes kan landen op de lanceerbasis of op andere bases gelegen in de buurt van het vluchttraject; een derde mogelijkheid is een landing op zee. Op deze manier kan Hermes veilig terugkeren indien er bij de lancering iets misgaat. 1: Begin landing op lanceerbasis; 2: Landing op lanceerbasis; 3: Einde ontbranding eerste trap van de Ariane; 4: draagraket, ontsteking motoren tweede trap; 5: Landing op zee met parachutes; 6: Begin landing op andere basis; 7: Landing op andere basis; 8: Einde ontbranding motoren van de tweede trap; 9: Hermes in een baan om de aarde.
Als er iets misloopt bij de lancering trekt een krachtige raket Hermes los van de draagraket. Deze raket heeft een massa van 2100 kg en wordt gedurende vijf seconden ontstoken. Bij een landing op zee worden drie parachutes gebruikt, elk met een diameter van 30 meter. Wanneer de tweede trap reeds werkt, wordt in geval van nood de hoofdmotor van Hermes gebruikt voor de scheiding van de raket.

mes met een speciaal koppelsysteem uitgerust kunnen worden.
Er zijn twee groepen stuurmotoren: één groep dicht bij de neus, een andere achteraan. De voorste groep bestaat uit twaalf motoren die elk 400 N stuwkracht leveren (voor het begrip 'stuwkracht', zie kader bij het artikel 'De Sojoezdraagraket en haar varianten,' in Zenit 1980, p . . .). De achterste groep heeft zestien motoren die eveneens elk 400 N leveren. De hoofdmotor bevindt zich eveneens achteraan en levert 20 KN. De verschillende motoren moeten vooral dienen om baancorrecties uit te voeren (bijvoorbeeld om een kleine afwijking van de draagkracht te corrigeren), Hermes in een nieuwe baan te brengen (voor rendez-vous) en koppelingen uit te voeren.
Net als Ariane-5 zou Hermes rond 1990 beschikbaar zijn. De totale ontwikkelingstijd van Hermes zou dus ongeveer tien jaar duren. Het onderzoek naar de uitvoerbaarheid van het project zou twee jaar in beslag nemen en de werkelijke uitvoering, fabricage en tests zouden acht jaar duren. Dit komt overeen met de ontwikkelingstijd van andere grote projecten, zoals de Amerikaanse Space Shuttle en de Frans-Engelse Concorde.

Waarom een Europese shuttle?

In de inleiding stelden we reeds de vraag naar de zin van een project als Hermes. Volgens D. M. Ashford van British Aerospace Dynamics in Bristol vult een kleine ruimtependel de leemte op die er bestaat in het gamma van lanceerraketten en is het veeleer een aanvulling dan een concurrent van de Amerikaanse Space Shuttle. Hermes is uiterst geschikt voor vluchten waar slechts een klein ruimtetuig of een betrekkelijk kleine lading vereist is. We noemden al bevoorradingsmissies van ruimtestations. Om tijd en kosten uit te sparen probeert NASA de laadruimte van haar ruimtependel zo goed mogelijk te benutten. Over het algemeen zullen deze vluchten dan ook vooraf reeds een hele tijd gepland zijn. Een bevoorradingsvlucht waarbij slechts een vrij kleine lading moet worden afgeleverd (1000 à 1500 kilogram) is voor de Amerikanen daarom het voordeligst als ze als onderdeel van een uitgebreidere vlucht plaats vindt. Hermes kan speciaal voor zo'n vlucht in gereedheid worden gebracht (Hermes kan een lading van 1500 kg vervoeren) en kan gemakkelijker op onverwachte momenten ingeschakeld worden om ruimtestations te bevoorraden.
Een ander voorbeeld is een observatievlucht in een baan om de aarde, waarbij kleine experimenten uitgevoerd worden. Ook zo'n vlucht is voor NASA het voordeligst als onderdeel van een uitgebreider programma. Een kleine ruimtependel zou veel beter geschikt zijn voor zulke kleine bemande experimenten.
Hermes zou ook ingezet kunnen worden voor het onderhoud, de reparatie en de controle van satellieten. Voor de tachtiger jaren staan verscheidene grote wetenschappelijke kunstmanen op het programma, zoals de grote ruimtetelescoop. NASA is van plan om de ruimtetelescoop op geregelde tijdstippen met de Space Shuttle terug naar de aarde te brengen voor reparatie en nazicht. Na de controle wordt de telescoop dan terug in een baan om de aarde gebracht. Een goedkoper alternatief zou zijn de telescoop in een baan om de aarde te laten en een kleine ruimtependel te gebruiken voor regelmatig nazicht.
Tenslotte is Hermes geschikt om kleine bemanningen te transporteren naar ruimtestations of ruimteconstructies (bijvoorbeeld de zonne-energiesatellieten). Op dit ogenblik wordt er aan gedacht in de laadruimte van de Amerikaanse Space Shuttle een passagiersmodule te plaatsen met een capaciteit van 74 passagiers (zie lit. 2). Wanneer het om een kleinere groep mensen gaat (4 à 5 personen) is Hermes beter geschikt.
Ashford vergelijkt een kleine ruimtependel met een motorboot. Om een lichtschip in de juiste positie te brengen is een krachtige

Fig. 3. De verschillende ontwikkelingsstadia van de Ariane-raket. Helemaal links de huidige Ariane. Verbeteringen zullen uiteindelijk leiden tot de veel krachtigere Ariane-5, die een kleine ruimtependel zou kunnen lanceren.



sleepboot nodig, maar de motorboot volstaat om het lichtschip te bevoorraden. Natuurlijk zijn er een heleboel opdrachten waarvoor Hermes niet of minder geschikt zou zijn. Zo kan de motorboot het lichtschip niet in een andere positie brengen. In de hierboven genoemde gevallen zou Hermes wel eens veel tijd en geld kunnen sparen en is het ruimtetuig inderdaad een goede en verantwoorde aanvulling op de NASA Shuttle.
Het ziet er overigens naar uit dat Hermes net als het Ariane-project een overwegend Franse zaak gaat worden. De grote betrokkenheid van CNES bij de studie van Aérospatiale en de voorstellen van CNES voor de verdere ontwikkeling van Ariane wijzen reeds in die richting, of zoals het commentaar bij de succesvolle lancering van de eerste Ariane op 24 december 1979 op de Franse televisie luidde: 'C'est très important pour la France, et pour l'Europe.'

Literatuur

1. D. M. Ashford, *'A small European Shuttle'*, JBIS (February 1980), pp. 66-71
2. Spaceflight Vol. 20 N° 4 (April 1978), p. 135
3. Spaceflight Vol. 21 N° 10 (October 1979), p. 386
4. Spaceflight Vol. 22 N° 7/8 (July/August 1980), p. 299

Rectificatie

In het artikel 'Negen Telescoopsystemen' in Zenit 1980, p. 396 is een stukje tekst op de verkeerde plaats terecht gekomen. De tekst die begint met 'De vergelijking van de systemen' (blz. 401 middelste kolom) en eindigt met 'Er is derhalve beeldveldwelving aanwezig' (blz. 401 rechterkolom) moet worden gelezen na de tekst die eindigt met '0,025 mm wordt aangehouden' (blz. 400).

Waarnemingsverslag van een windhoos



Op donderdag 12 juni 1980 bevond ik me op de weilanden gelegen in de zogenaamde Haagse Beemden, een stuk natuurgebied ten westen van Breda. Het was mooi zomerweer (ca. 27°) met in de lucht hier en daar wat cumulus-bewolking. De wind in het veld was matig. Omstreeks 16.15 uur werd mijn aandacht getrokken door iets wat leek op een grote groep vogels in de lucht op een afstand van ongeveer 300 meter. Toevallig beschikte ik over een camera met een 200 mm tele-objectief, waardoor ik het verschijnsel beter kon bekijken. Toen pas zag ik dat er pollen gras door de lucht dreven. Aan de grond vertoonde zich een korte (circa 1 meter) wervelende slurf van graspollen met aarde, direkt boven een weiland dat nog niet zo lang geleden gemaaid was. Het losse gras en de pollen werden tot zeker 20 meter hoogte de lucht ingevoerd. Het in de lucht gezogen materiaal werd in een soort bolvorm rondgeblazen, terwijl de slurf zich in noordelijke richting over het weiland verplaatste. Na ongeveer 2 minuten was de slurf verdwenen en was er alleen nog maar een 'wolk' van rommel in de lucht te zien, die langzamerhand weer omlaag kwam. Er waren geen krachtige windstoten of -wervelingen voor en na dit verschijnsel waar te nemen. Waarschijnlijk betrof het hier een stofhoos, die ontstaat bij grote temperatuurverschillen tussen het aardoppervlak en de lucht. De foto is een afdruk van een dia, genomen op Agfa CT18 film met een 200 mm tele-lens. Het verschijnsel bestond op dat moment zeker al één minuut.

Peter Winterberg





▲

Bijschaduw-verduistering

Deze opname toont de bijschaduwverduistering van de maan op 26 augustus 1980. De opname werd gemaakt door F. van Dijk en H. Bril met een camera met 300 mm telelens bij een belichtingstijd van 1/500 s op Ektachrome 400 film. Tijdens het moment van de opname (05^h30^m MEZT) was de maan maximaal verduisterd; de grootte bedroeg 0,71. Tijdens de waarneming was de seeing matig. Toch was zowel met het ongewapend oog als met een 10×70 binoclulair duidelijk te zien dat het noorden van de maan iets donkerder was.

Maan op de korrel

Deze maanopname werd gemaakt door Peter van Huijkelom met een Praktica LTL spiegelreflexcamera, gemonteerd op een normaal fotostatief. Als objectief diende een 200 mm, f 3,5 telelens met daarachter een 2× en een 3× converter. Hierdoor werd dus een brandpuntsafstand van 6×200 mm = 1200 mm en een vergroting van 24 maal verkregen.
Aan deze manier van fotograferen zijn voor- en nadelen verbonden. Een voordeel is dat de lengte van de gehele telelens niet zo'n 1200 mm is, maar heel wat minder, wat het bedieningsgemak ten goede komt. Een ander voordeel is, dat de converters goedkoop zijn in vergelijking met supertelelenzen. Er is echter ook een nadeel: door het gebruik van converters gaat de lichtwinst enorm achteruit (de effectie openingsverhouding van de lens werd in dit geval f 21!) Daardoor kunnen op deze manier alleen heldere objecten (zoals de maan) gefotografeerd worden, zeker wanneer men middelmatig gevoelige films gebruikt. De film die ik gebruikte was een Dixons 21 DIN, die in een ontwikkelingscentrale werd bewerkt.
Verdere gegevens: datum 26-4-1980 om 22.05 u M.E.Z.T., belichting 0,5 sec. bij diafragma f 5,6. Om de belichtingstijd te vinden gebruikte ik de ingebouwde lichtmeter, waarbij men wel goed in de gaten moet houden dat de maan precies in het midden van de zoeker staat, want in het centrum meet de belichtingsmeter met een voorkeur.



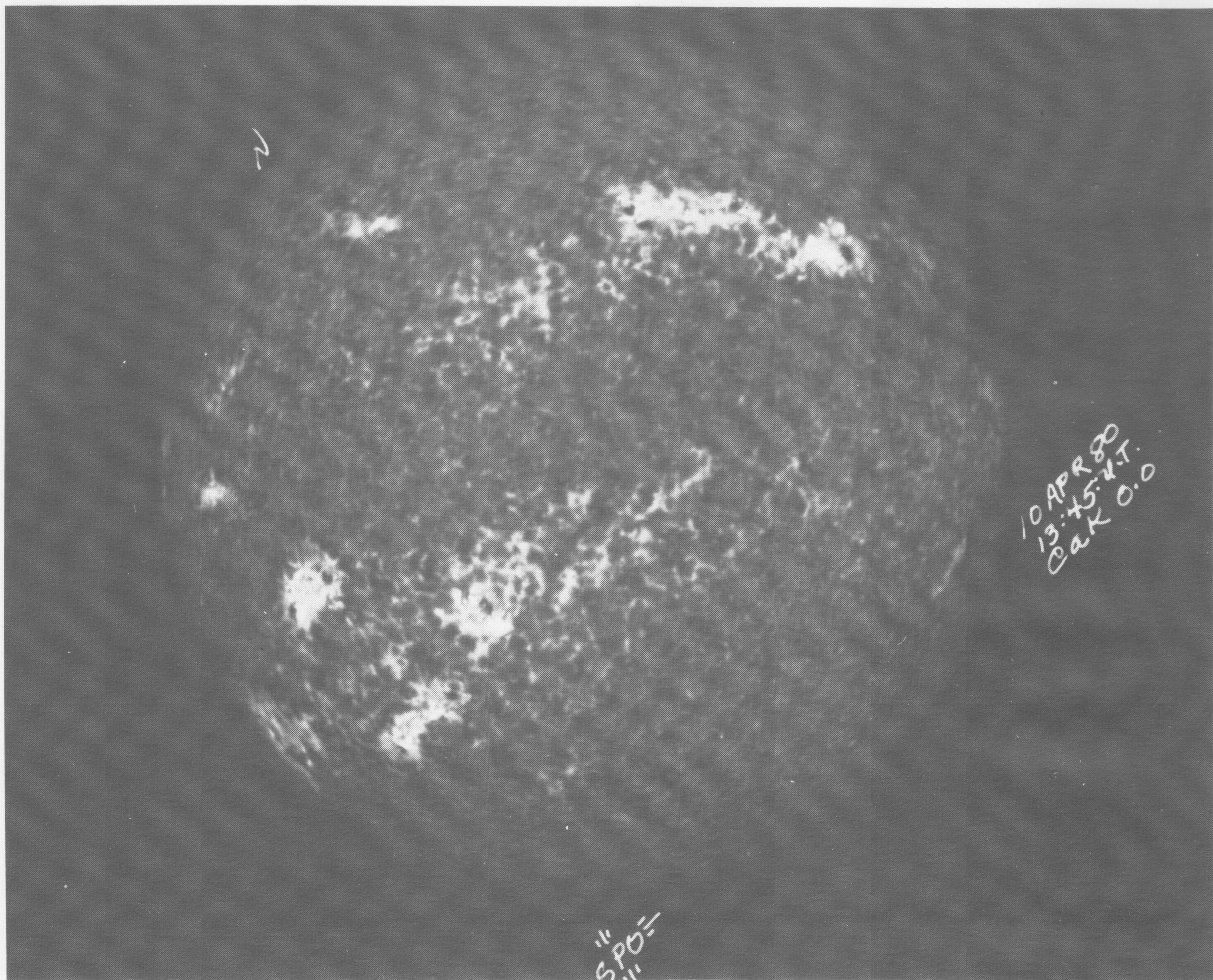
Bijmaan

De links afgebeelde foto vertoont de volle maan; met links ervan een heldere bijmaan. Op de foto vertoont de bijmaan levendige kleuren, waarbij het rood, zoals gebruikelijk, aan de kant van de maan staat. Met het blote oog zijn deze kleuren echter veel minder duidelijk, omdat het menselijk oog hier onder nachtelijke omstandigheden bijna ongevoelig voor is. Op zijn best ziet men alleen het rode deel van de bijmaan als zodanig, maar dit lukt alleen als de maan bijna vol is en de bijmaan zeer helder. Op de foto is, vlak bij de bijmaan, een rond lichtvlekje te zien. Dit is echter geen werkelijk verschijnsel geweest, maar een extra beeld van de maan, ontstaan door reflecties in het lenzenstelsel van het fototoestel. Omdat dit extra beeld, in tegenstelling tot het directe beeld van de maan, niet overbelicht is, geeft het de juiste afmeting van de maan weer. Hierdoor kan men duidelijk zien dat de bijmaan veel groter is dan de maan zelf. Deze foto is opgenomen door C. J. Th. Gunsing te Utrecht, op 26 augustus 1980 rond 21^h30^m.

G. K.

Calciumlicht verraadt mogelijke sterrenvlekkencyclus

Fig. 1. De zon in calciumlicht op 10 april 1980. De heldere plekken zijn de aktieve gebieden. Foto's als deze worden iedere dag gemaakt door Sacramento Peak Observatory in Nieuw Mexico (Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., Sacramento Peak Observatory).



Het calciumlicht van sterren kan ons iets leren over veranderingen die overeenkomen met de schommeling in het aantal vlekken op onze zon. Deze schommeling duurt bij de zon gemiddeld elf jaar. Bij een aantal sterren blijkt de intensiteit van hun calciumstraling ook te variëren, en wel in een periode van 8 tot 10 jaar: zouden zulke sterren ook een 'zonnevlekkencyclus' hebben?

W. van Tend

Sinds de ontdekking van zonnevlekken is het duidelijk geweest dat hun aantal sterk schommelde. Maar pas drie eeuwen nadat Galilei met zijn kijker de eerste zonnevlekwaarnemingen deed, bleek de regelmaat van de veranderingen. Het was de amateur-astronoom Schwabe uit de Duitse stad Dessau, die als eerste de elfjarige kringloop opmerkte. De ontdekking deed hij in 1843 na zeventien jaar lang regelmatig de zon te hebben waargenomen.

We weten dat vele sterren ongeveer dezelfde lichtsterkte, massa en straal hebben als de zon. Doordat die sterren zover weg staan kunnen we geen bijzonderheden onderscheiden op hun oppervlak, zelfs niet met de grootste kijkers. Stervlekken kunnen we dus niet zien, maar als de zon vlekken heeft, waarom zouden soortgelijke sterren die dan niet hebben? En als we de overeenkomsten verder doortrekken, dan verwachten we ook daar een schommeling in het aantal vlekken, een stercyclus dus.

Als de vlekken zelf niet waarneembaar zijn, dan lijkt het bepalen van hun aantal helemaal onmogelijk. Toch zijn de sterrekundigen nu in staat bij sterren de tijdsspanne te vinden tussen hoogtepunten in het vlekkenaantal (bij de zon elf jaar). Hiervoor maken zij gebruik van verschijnselen die samenhangen met de aanwezigheid van vlekken.

Aktieve gebieden

Op de zon zijn vlekken altijd omgeven door een zogenaamd aktief gebied. Aktieve gebieden zijn de plaatsen waar (onder andere in zonnevlekken) magneetvelden aan het oppervlak komen. Eén van de eigenschap-

pen van een aktief gebied is, dat de dampkring erboven heter en dichter is dan elders. Deze hetere en dichtere dampkring maakt het gebied helder in calciumlicht (in vaktaal: in de kernen van de H- en K-lijnen van Ca^+, zie kaderstukje). In calciumlicht kunnen we namelijk niet dieper in de zon kijken dan tot die hete laag, terwijl we in gewoon wit licht dwars door de hete laag heen zien. In wit licht zien we de zonsschijf als een gelijkmatig verlicht oppervlak met hier en daar een vlek; in calciumlicht is de zon vrij donker, met hier en daar een helder lapje op de plaats van een aktief gebied (figuur 1). Sommige sterren zenden eveneens calciumlicht uit. De sterren die dat doen verraden zo dat ze aktieve gebieden op hun oppervlak hebben. We weten dan dat er op die sterren net als op de zon magneetvelden moeten voorkomen. Volgens de huidige inzichten wordt het magneetveld bij de zon opgewekt in een bolschil net onder het oppervlak. Die bolschil is ongeveer een kwart zonsstraal dik. Hij onderscheidt zich van de rest van de zon doordat de warmte zich daar naar buiten verplaatst in de vorm van opstijgende hete gasbellen en niet, zoals elders, in de vorm van straling. De bolschil met bewegende gasbellen noemt men de *konvektiezone*, of in het Nederlands 'borrelgordel'. De opstijgende beweging van heet gas, de ermee gepaard gaande dalende beweging van koud gas en de draaiing van de zon, wekken samen het magneetveld op.
Sterren die ongeveer even zwaar zijn als de zon en die zich op ongeveer hetzelfde punt in hun ontwikkeling bevinden, hebben allemaal een borrelgordel. Maar andere sterren, vooral zwaardere, hebben er geen; in die sterren verplaatst de warmte zich overal in de vorm van straling: er zijn geen bewegende warme of koude gasbellen. In zulke sterren kan magneetveld niet op dezelfde wijze ontstaan als in de zon, waarbij zich aan het oppervlak plaatselijk aktieve gebieden vormen. Bij die soort sterren zien we ook inderdaad geen calciumlicht.

Aswenteling en magneetveld

Naast de bewegingen binnen de borrelgordel speelt ook de aswenteling van de ster een rol bij het opwekken van magneetvelden. Nu is het bepalen van de draaisnelheid een moeilijke zaak bij langzaam draaiende, zonachtige sterren. Wel is vaak de draaiing te bepalen als de ster samen met een andere ster een dubbelster vormt. Onder een aantal voorwaarden is dan de tijd waarin de ster om zijn as draait gelijk geworden aan de tijd waarin de ster om zijn begeleider loopt. In het aarde-maan stelsel is dat ook te zien: de maan heeft evenveel tijd nodig voor een wenteling om zijn as als voor een omloop om de aarde. Zo keert de maan steeds dezelfde kant naar de aarde.
We verwachten dat voor sterren met een minder langzame aswenteling het magneetveld belangrijker wordt. Zulke sterren zijn te vinden bij dubbelsterren met een korte omloopstijd. De omloopstijd van dubbelsterren is vaak eenvoudig te bepalen, bijvoorbeeld uit verduisteringen van de ene ster door de andere. Zonachtige sterren in een dubbelsterstelsel met een korte omloopstijd stralen inderdaad veel calciumlicht uit, wat wijst op een hoge magnetische aktiviteit.
Een bekende snellere draaiing van een ster kunnen we zo in verband brengen met de hoeveelheid uitgestraald calciumlicht. Maar op een heel andere manier kan calciumlicht ons de draaitijd van een ster leveren, als we die nog niet kenden. Hiervoor bekijken we de zon zoals die eruit ziet in figuur 1. Na de draaitijd van de zon (28 dagen vanaf de aarde gezien) zal de zon weer ongeveer hetzelfde uiterlijk hebben, tenminste als er niet al te veel aktieve gebieden zijn verdwenen of bijgekomen. Bij een ster is alleen de *totale* hoeveelheid calciumlicht waarneembaar, niet de bijzonderheden aan het oppervlak. Als de aktieve gebieden niet te snel veranderen, zal de totale hoeveelheid calciumlicht na één draaitijd weer ongeveer hetzelfde zijn.

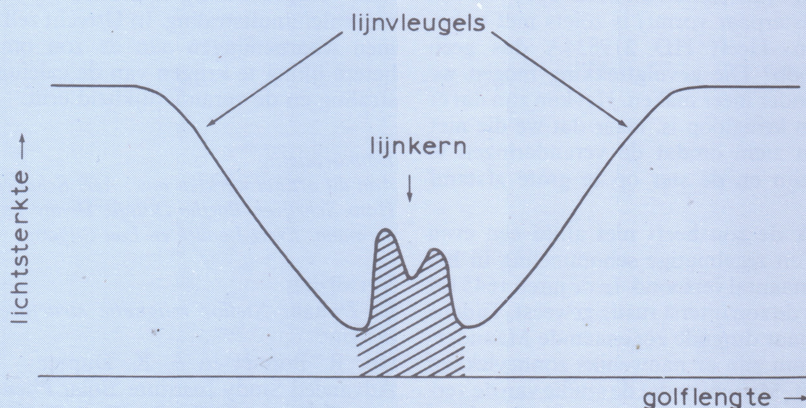
Als er maar één aktief gebied was, dan was uit de tijdstippen van de hoogste calciumuitstraling heel eenvoudig de draaitijd van de ster te bepalen. Als de aktieve gebieden gelijkmatig verspreid rondom de hele ster lagen, dan was het bepalen van de draaitijd onmogelijk. De werkelijkheid ligt hier tussenin. De draaiing is te bepalen, maar het is niet zo erg duidelijk (figuur 2): binnen een draaitijd verdwijnen er oude aktieve gebieden en komen er nieuwe bij.
Bij alle steronderzoek is het belangrijk een goede ijking te hebben. Het punt waarvan we in de eerste plaats uitgaan is de zon, de enige ster die we van nabij meemaken. Om de ijking van de calciumuitstraling vast te leggen volgt de Utrechtse sterrewacht de zon in calciumlicht. Het licht van de zonsschijf wordt zo behandeld dat het lijkt alsof het van één sterpuntje afkomstig was. Figuur 2 laat zien hoe dan de draaiing van de zon in de totale calciumstraling tot uiting komt.

Langperiodieke veranderingen

Het calciumlicht kan ons bij sterren iets leren over veranderingen die overeenkomen met de schommeling in het aantal zonnevlekken bij de zon. De kringloop bij de zon duurt elf jaar. Van een ster moeten we dus waarnemingen verzamelen over een vergelijkbaar tijdvak. Bij de tegenwoordige werkwijze in de wetenschap waar men snel iets bruikbaars wil vinden, is er weinig plaats voor zulk onderzoek. De bevindingen tot nu

De H- en K- lijnen van Ca^+

Bij de temperaturen heersend in de dampkring van de zon en van zonachtige sterren verliest een deel van de atomen van het element Calcium één van zijn electronen. Zo ontstaat Ca^+. Dit ion is verantwoordelijk voor de belangrijke H- en K-lijnen in het violette deel van het spektrum.
Een donkere spektraallijn ontstaat doordat een ion of atoom licht in een bepaald golflengtegebiedje absorbeert. Deze absorptie is het sterkst in de lijnkern en zwakker bij de naburige golflengten in de lijnvleugels (zie figuur). In golflengten buiten de lijn kijken we tot aan het zonsoppervlak. In de lijn komt het licht door de verduistering uit hogere lagen in de zonne- of sterredampkring. De hoogste laag komt overeen met de lijnkern.
De eigenschappen van de laag waar het licht van een bepaalde golflengte vandaan komt bepalen hoeveel licht we bij die golflengte zien. Meestal komt uit hogere lagen steeds minder licht: de lijnkern is dan het donkerste deel van de lijn. Bij de Ca^+ H- en K-lijnen is dat echter vooral in aktieve gebieden niet zo: de lijnkern is weer iets helderder dan de naburige golflengten. Dit komt doordat de heel hoge laag waaruit het licht in de kern van H- en K-lijnen afkomstig is in die aktieve gebieden extra wordt verhit. Het extra licht in het gearceerde deel van de figuur is wat we in dit artikel 'Calciumuitstraling' noemen. (Helemaal in het midden van de lijn is de uitstraling weer iets minder. Dit is hier niet van belang.)



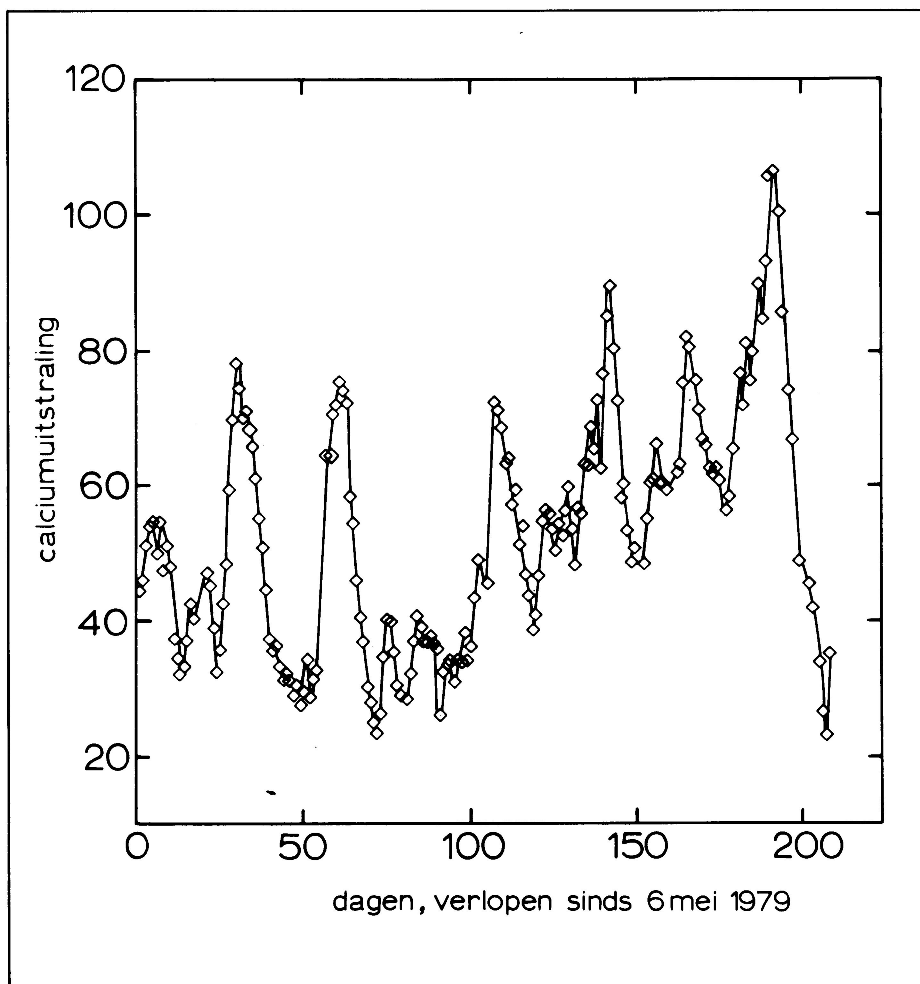


Fig. 2. Door de draaiing van de zon gaat de intensiteit van de calciumuitstraling op en neer in een tijd van 28 dagen. Het bêpalen van de draaiing van sterren op deze manier is tegenwoordig ook mogelijk.

toe, afkomstig van de nu gepensioneerde Amerikaanse sterrekundige O. C. Wilson, zijn echter uiterst belangwekkend en veelbelovend.

Figuur 3 laat zien hoe de calciumuitstraling van een aantal sterren tussen 1967 en 1978 veranderde. Er zijn veel veranderingen op korte termijn, die een gevolg zijn van de draaiing van de ster en van het ontstaan en vergaan van aktieve gebieden. Maar bij sommige sterren (HD 201091, 201092 en 219834B) zijn lange termijn schommelingen over 8 tot 10 jaar onmiskenbaar. Bij HD 219834A (die samen met HD 219834B een dubbelsterpaar vormt) is zoiets niet te bespeuren. Heeft HD 219834A dus geen kringloop? Die gevolgtrekking mogen we niet zonder meer maken. Het kan zijn dat er wel een kringloop is, maar dat we die niet kunnen zien, omdat de veranderingen te klein zijn en de ster op te grote afstand staat.

En ook de zon heeft niet altijd een even sterke en regelmatige schommeling in het vlekkenaantal vertoond. In de jaren 1645 tot 1715 is de zon uiterst rustig geweest. Tijdens dit 70 jaar durende zogenaamde Maunderminimum zijn er nauwelijks zonnevlekken geweest. Misschien dat de studie van de veranderlijkheid van sterren ons iets kan leren over de oorzaken van deze vermindering van het zonnevlekkenaantal over een tijd van zes kringlopen.

In de komende tijd zal de Utrechtse sterrewacht het onderzoek van calciumlicht gebruiken om meer over de sterren te weten te komen. Het bepalen van hun draaitijd is al genoemd. Dit gebeurt met waarnemingen gedaan op sterrewachten in de Verenigde Staten en in Chili. De eerste metingen leveren draaitijden in de orde van tien dagen voor een aantal sterren.

Met de Westerbork-radioteleskoop wordt gezocht naar radiostraling van sterren met gebleken calciumstraling. We weten namelijk dat de radiostraling van de zon sterk samenhangt met aktieve gebieden. Dat geldt ook voor de röntgenstraling. Het Einstein observatorium (een kunstmaan boven de aardse dampkring) wordt gebruikt om naar röntgenstraling te zoeken bij sterren met calciumuitstraling. In Utrecht zelf doet men waarnemingen aan de zon om een betere ijking te krijgen van de calciumuitstraling en de veranderlijkheid erin.

Dankbetuiging

Aan dit artikel werkten mee: Aert Schadee, Hans Schrijver, Bartho Oranje, Henny Tappermann, Evert Landré en Lou Gilliam.

Verwijzing

C. Zwaan: *Stellar magnetic structure and activity.*

(In: R. Bonnet en A. K. Dupree – Nato Advanced Study Institute 'Solar Phenomena in Stars and Stellar Systems', Château de Bonas, France, 1980.)

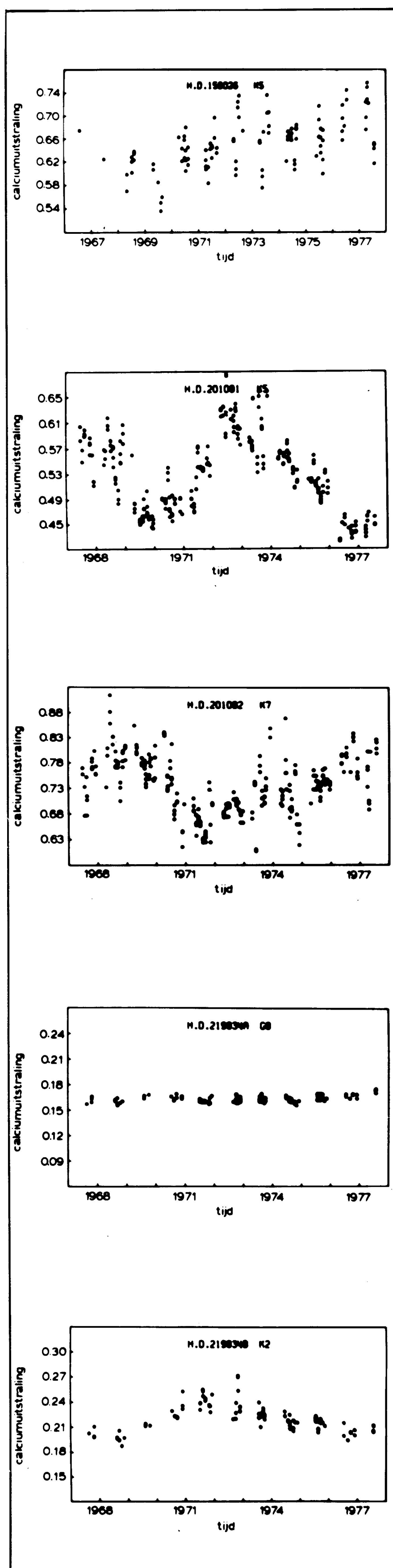


Fig. 3. De verandering van de intensiteit van de calciumuitstraling in de jaren 1967-1978 laat zien dat sommige sterren een schommeling in hun aktiviteit hebben, te vergelijken met de elfjarige kringloop bij de zon. De nummers uit de H.D. (Hendry Draper) katalogus duiden de ster aan. De aanduiding daarachter is het soort ster. De zon is een G2 ster; K sterren zijn iets lichter, kleiner en lichtzwakker.

Klimatologische informatie voor Januari

(gegevens verstrekt door het KNMI te De Bilt)

Toelichting

Met ingang van dit nummer (januari 1981) zullen voortaan de klimatologische gegevens van de maand van verschijning van Zenit worden afgedrukt. De rubriek 'Klimatologische gegevens van de maand . . .' loopt voortaan parallel met de rubriek 'De hemel in . . .'.

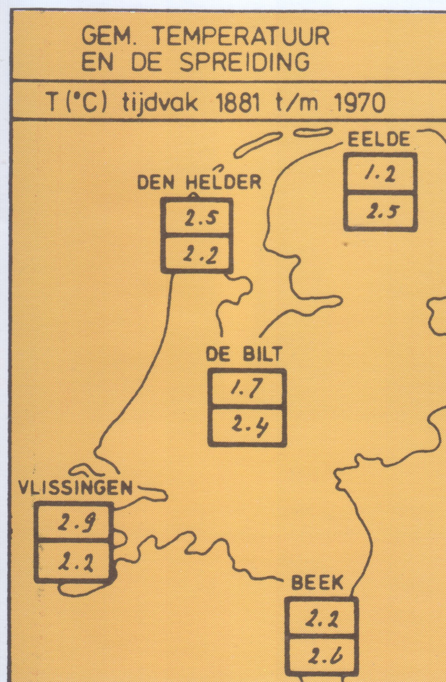
Nieuw in de klimatologische rubriek zijn drie kaartjes die gemiddelden bevatten over de temperatuur, de neerslagsom en de zonneschijnduur voor de vijf hoofdstations (Den Helder, Eelde, De Bilt, Vlissingen en Beek). In het bovenste vakje staat het gemiddelde over 90 jaar (1881 t/m 1970), in het onderste vakje de *spreiding* van de negentig maandgemiddelden ten opzichte van dit gemiddelde. De spreiding (standaardafwijking of standaarddeviatie) zegt iets over de verdeling van de getallen (de afzonderlijke maandgemiddelden) rond het gemiddelde. Bij een normale of Gauss-verdeling, waaraan deze getallen bij benadering voldoen, ligt 68% van deze getallen binnen een afwijking van éénmaal de standaardafwijking van het gemiddelde.

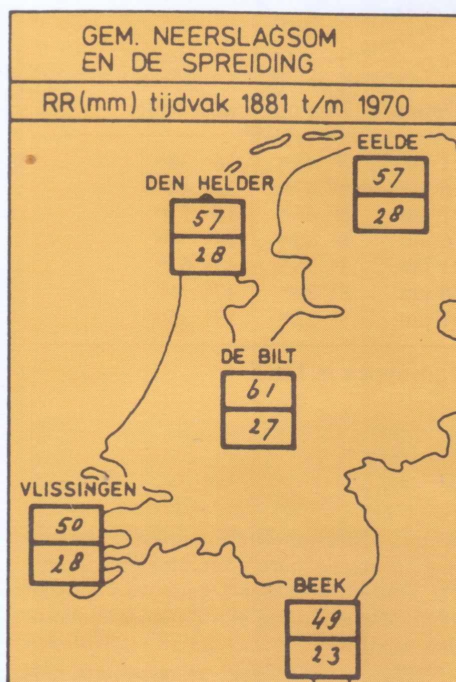
We zullen de gegevens van januari nu nader bekijken. De gemiddelde temperatuur in *Den Helder* is voor januari (van 1881 t/m 1970) 2,5°C. De spreiding bedraagt 2,2°C. Dit wil zeggen dat 68‰ van alle januarimaanden in Den Helder in genoemd tijdvak een gemiddelde temperatuur had tussen 0,3°C en 4,7°C (2,5 ± 2,2°C). De rest (32%) van de januarimaanden in dat tijdvak had in Den Helder dus een gemiddelde temperatuur die lager was dan 0,3°C of hoger dan 4,7°C.

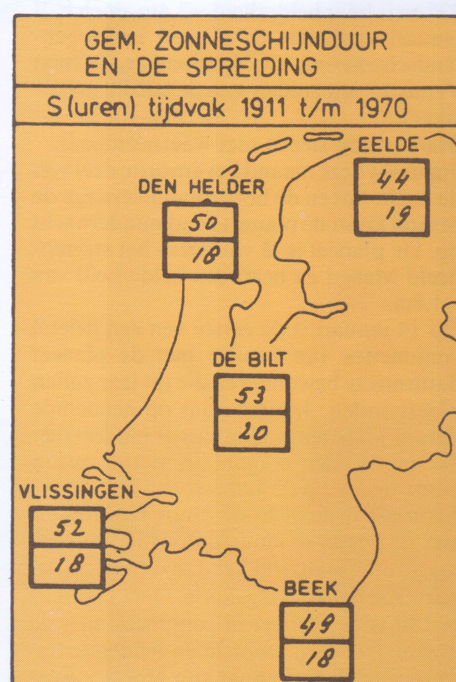
Dezelfde redenering kunnen we toepassen op de gemiddelde neerslagsom en de gemiddelde zonneschijnduur. Nemen we nu als voorbeeld *De Bilt* dan kunnen we zeggen dat daar 68% van de januarimaanden van 1881 tot en met 1970 een neerslagsom had die lag tussen 34 mm en 88 mm (61 ± 27 mm). De overige januarimaanden (32%) waren in De Bilt droger dan 34 mm of natter dan 88 mm. Wat de zonneschijnduur betreft had van de januarimaanden van 1881 tot en met 1970 in *Beek* 68% een zonneschijnduur die lag tussen 31 en 67 uren (49 ± 18 uren). De rest (32%) had minder dan 31 of meer dan 67 uren zon.

Met behulp van deze getallen kunnen we voor januari een voorspelling doen op statistische grondslag. Voor de komende maand januari (1981) geldt dat er een kans is van 68% dat in *De Bilt* de gemiddelde temperatuur ligt tussen 0,7 en 4,1°C, de neerslagsom ligt tussen 34 en 88 mm en de zonneschijnduur ligt tussen 33 en 73 uren. Voor de overige hoofdstations kunnen de gegevens voor januari op dezelfde manier worden gebruikt.

B. Zwart







De kans dat in Januari op te treden waarde méér van het gemiddelde afwijkt dan de spreiding bedraagt ongeveer 32%

Klimatologische gegevens januari (De Bilt)

jaar	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	normaal	hoogst	jaar	laagst	jaar	sedert
T	2,3	0,5	2,9	5,2	6,2	4,2	3,0	3,0	−3,2	0,2	1,7	6,2	1975	−7,0	1823	1735
RR	55	41	26	61	88	100	70	67	57	68	68	142	1948	10	1861	1849
S	46	35	24	43	46	45	44	43	35	50	56	109	1940	19	1969	1899

T = gemiddelde temperatuur in gr. C
RR = hoeveelheid neerslag in millimeters
S = hoeveelheid zonneschijn in uren
normaal = gemiddelde over de periode 1931 tot en met 1969
alle getallen gelden voor het tijdperk 0-24 uur (U.T.)

De hemel in januari

F. REIJMERINK

Planeten

Mercurius is eind januari op weg naar een grootste elongatie die bereikt wordt op 2 februari en een waarde zal hebben van ruim 18°. Derhalve is deze binnenplaneet in de tweede helft van januari en de eerste week van februari, kort na zonsondergang, zichtbaar boven de westelijke horizon. Mercurius heeft de grootste helderheid vóór het bereiken van de grootste elongatie: −0,9m op 21 januari en +1,0m op 10 februari; op 26 januari gaat de kleine binnenplaneet anderhalf uur na de zon onder. Een conjunctie met de planeet Mars, die twee magnituden lichtzwakker is, vindt plaats op 23 januari te 23h. Mercurius staat bij deze gelegenheid 18 boogminuten ten zuiden van de rode planeet.

Venus nadert de zon nu snel. Begin januari bedraagt de elongatie van de planeet nog 23° en is haar helderheid −3,4m, doch half januari verdwijnt de planeet in de ochtendschemering. Op 4 januari te 9h staat Venus 2° ten zuiden van de smalle maansikkel.

Mars is nog steeds niet waarneembaar.

Jupiter is deze maand het grootste deel van de nacht boven de horizon; halverwege de maand komt de planeet rond middernacht op. De planeet is te vinden in het sterrenbeeld Maagd en heeft een helderheid van −1,8m.

Op 14 januari is de eerste van een drietal conjuncties van Jupiter met de planeet Saturnus te bewonderen die dit jaar zullen plaatsvinden. Jupiter staat op genoemde datum 1°09' ten zuiden van de planeet met de ringen. Een conjunctie met de maan vindt plaats op 25 januari te 19h.

Saturnus is dicht in de buurt van Jupiter aan de hemel te vinden, doch is ruim 2,5 magnitude lichtzwakker dan de reuzenplaneet. Zie het voorafgaande. Op 25 januari te 18h is de planeet in conjunctie met de maan. *Titan*, de grootste en helderste Saturnus-satelliet, bereikt zijn grootste westelijke elongaties op 2 en 18 januari en de grootste oostelijke elongaties op 10 en 26 januari.

Maan

Nieuwe Maan	6 jan 08^h 24^m MET
Eerste Kwartier	13 jan 11^h 10^m MET
Volle Maan	20 jan 08^h 39^m MET
Laatste Kwartier	28 jan 05^h 19^m MET

Datum	Maan op	Maan onder
1 jan	03^h 34^m	13^h 55^m
6 jan	08^h 39^m	17^h 10^m
11 jan	11^h 33^m	23^h 12^m
16 jan	13^h 51^m	04^h 24^m
21 jan	18^h 38^m	09^h 14^m
26 jan	–	11^h 16^m
31 jan	04^h 30^m	13^h 24^m

Tijdstippen in **MET**

Zon

Datum	Zon op	Zon onder
1 jan	8^h 48^m	16^h 38^m
6 jan	8^h 47^m	16^h 44^m
11 jan	8^h 44^m	16^h 51^m
16 jan	8^h 40^m	16^h 59^m
21 jan	8^h 35^m	17^h 07^m
26 jan	8^h 29^m	17^h 16^m
31 jan	8^h 22^m	17^h 25^m

Tijdstippen in **MET**

Kometen

Komeet Stephan-Oterma is deze maand nog binnen het bereik van amateurkijkers. De komeet kan met behulp van onderstaande efemeriden aan de hemel gevonden worden.

Sterrentijd en Juliaanse datum

De sterrentijd in onderstaande tabel geldt voor de meridiaan van Greenwich en 0h UT.

Datum	Sterrentijd h	m	s	Juliaanse-datum 2444-
1 jan	6	42	15	605,5
6 jan	7	01	57	610,5
11 jan	7	21	40	615,5
16 jan	7	41	23	620,5
21 jan	8	01	06	625,5
26 jan	8	20	48	630,5
31 jan	8	40	31	635,5

Maansverduistering

In de ochtend van de 20e januari zal de maan geheel door de bijschaduwkegel van de aarde trekken.

Het maximum van dit nauwelijks interessante verschijnsel zal plaatsvinden om 8h 50m. De maan is dan helaas juist ondergegaan zodat alleen – en dan nog met moeite – het begin van de verduistering waargenomen kan worden.

Komeet 1980g Stephan-Oterma

Datum	α 1950	δ 1950	m_1
6 jan	5^h 34^m,38	+37°31',3	9,4
16 jan	5^h 39^m,88	+40°34',7	9,7
26 jan	5^h 49^m,19	+42°37',9	10,1
5 feb	6^h 02^m,08	+43°49',9	10,5
15 feb	6^h 17^m,98	+44°20',5	11,0

Nevenstaande sterrenkaart geeft de sterrenhemel weer zoals die zich in januari 's avonds aan ons vertoont. De tijdstippen waarvoor het kaartje geldt zijn af te lezen in de tijdbalk onder het kaartje. Omdat het kaartje het hele jaar door bruikbaar is (m.u.v. de eventuele planeetposities) zijn ook de corresponderende tijdstippen in MEZT (zomertijd) gegeven. De sterrentijd waarvoor het kaartje is getekend, is 6h en geldt voor de coördinaten NB = 52° 5' en OL = 5° 8' (Utrecht).

Noord

Magnitudeschaal

-1 0 1 2 3 4 5

Bootes

Zwaan

Draak

Cepheus

Kl. Beer

Poolster

Grote Beer

Pegasus

Cassiopeia

Andromeda

Oost

West

Leeuw

Vissen

Persens

Ram

Voerman

Kreeft

Tweelingen

Pleiaden

Stier

Orion

Gr. Hond

Zuid

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 h MEZT

12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 h MET

1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11 1 21 11

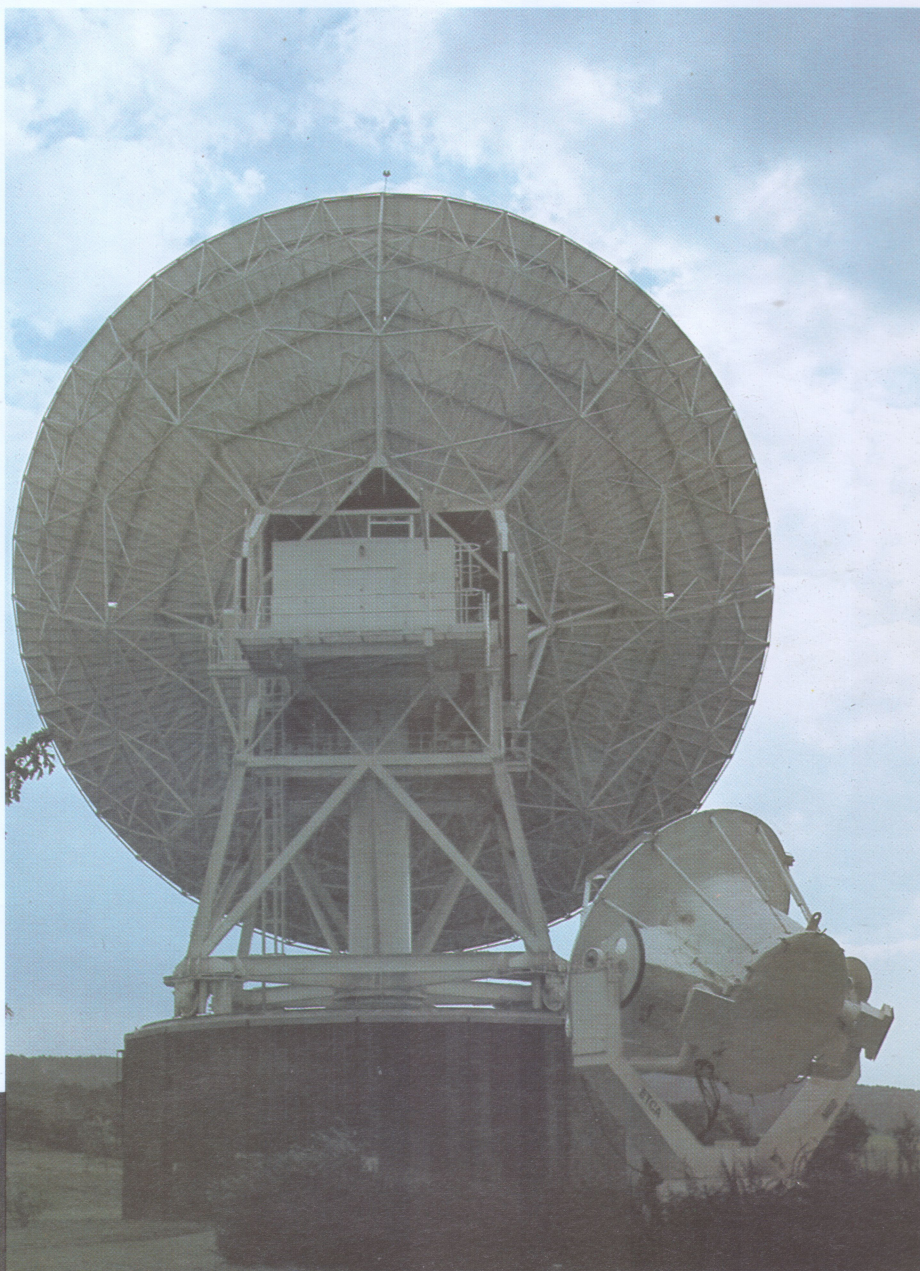
juni mei apr mrt feb jan dec nov okt sep aug juli

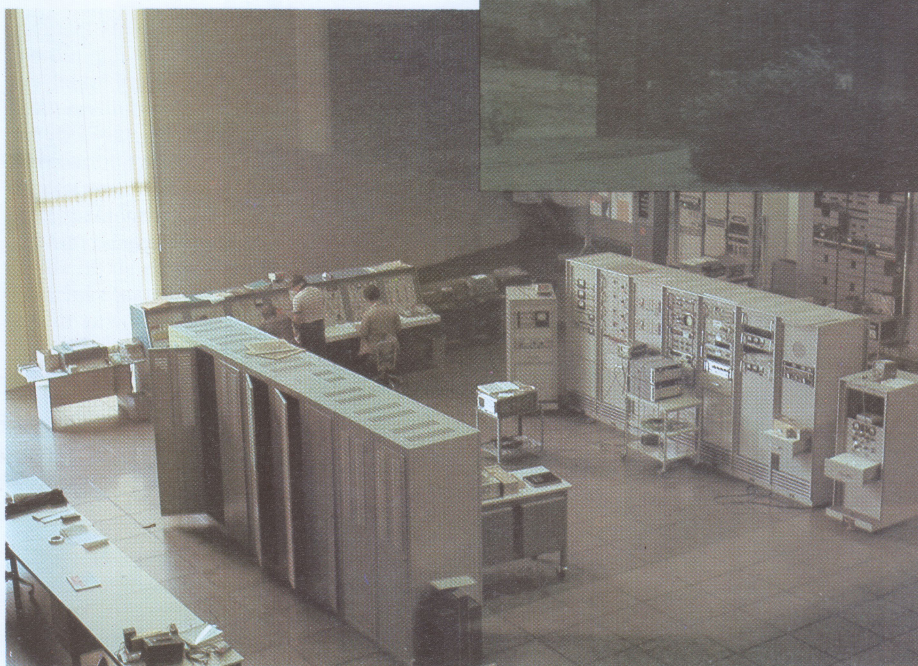
Nederland kreeg in 1973 een grondstation voor satellietcommunicatie, dat in 1977 met een tweede antenne werd uitgerust (zie Zenit 1978, p. 2). België beschikt echter al sinds 1972 over zo'n station en heeft sinds dat jaar rechtstreeks toegang tot het internationale telefoonverkeer. Het station bevindt zich te Lessive, nabij de grotten van Han, en heeft zijn antenne gericht op de Intelsat IV A satelliet boven de Atlantische Oceaan. In 1982 zal ook hier uitbreiding van de capaciteit plaatsvinden.

R. W. A. van der Schaft

grondstation voor satelliet-communicatie

In 1965 konden voor het eerst met andere werelddelen telefoongesprekken worden gevoerd zonder de gebruikelijke telefoonkabels en kortegolfzenders. Op 6 april van dat jaar werd door de International Telecommunications Satellite Organization de eerste communicatie satelliet gelanceerd. De Intelsat 1, met als bijnaam Early Bird, kon





▲ *Fig. 1. Hierboven de grote 30-meter antenne te Lessive. Rechts op de voorgrond de veel kleinere paraboolantenne die gericht is op de Intelsat V, de volgende generatie communicatiesatellieten (foto Fidipro Holland). Links een kijkje in het schakelcentrum, dat is opgebouwd uit eenvoud, zo lijkt het (foto R.T.T. België).*

240 telefoongesprekken gelijktijdig verwerken, of er kon één tv-programma uitgezonden worden. Vijftien jaar later is met de Intelsat IV A de capaciteit opgevoerd tot 6 000 telefooncircuits, plus twee tv-kanalen. Hierop komen we later nog terug. De volgende satelliet uit de Intelsat-reeks, de Intelsat V, moet het aantal telefoongesprekken

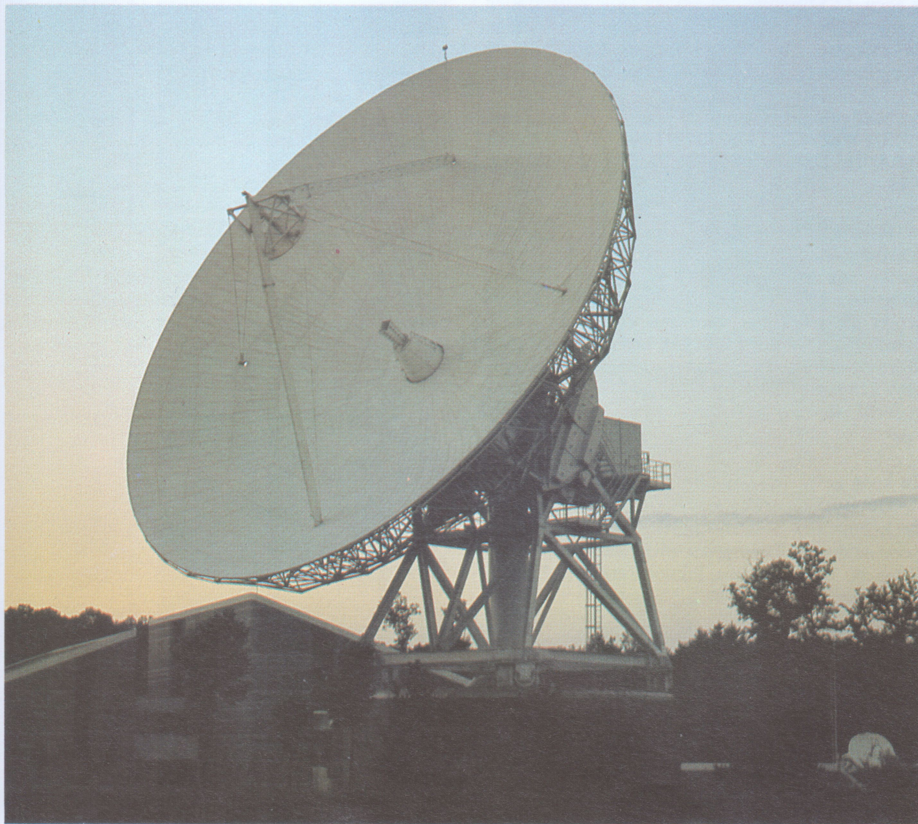


Fig. 2. De 30-meter antenne weerkaatst het ontvangen signaal naar de bolvormige reflector. Het gebundelde zwakke signaal gaat dan door de trechter naar binnen, om te worden versterkt en verwerkt. (foto: L. C. Hofland)

verdubbelen. Ook het aantal grondstations groeit nog steeds; verschillende landen hebben meerdere stations in gebruik.

Drie satellieten

Meer dan honderd landen zijn nu verbonden door het internationale communicatiesysteem, waaronder ook België. In Lessive, vlakbij de grotten van Han, bevindt zich één van de nagenoeg 150 grondstations met een grote schotelantenne met een diameter van 30 meter. Zo'n 53 ton metaal ontvangen en sturen de signalen van en naar de satelliet die zijn positie heeft boven de Atlantische Oceaan. Twee andere soortgelijke satellieten, die boven de Stille en de Indische Oceaan 'hangen', maken het mogelijk door samenwerking met elkaar buiten het bereik van een satelliet toch een verbinding tot stand te brengen. Elk heeft een verzorgingsgebied dat 1/3 van het aardoppervlak bestrijkt. De satellieten hebben onderling geen 'direkt zicht', zodat altijd een tussenstation op aarde nodig is om de satellieten met elkaar te verbinden. Een 95% van het wereld telefoonverkeer speelt zich via het Intelsatsysteem af.

In 1972 werd het communicatiestation van België in gebruik genomen. Vanaf die datum was het voor de Belgen niet meer nodig om via Duitsland en Frankrijk toegang te krijgen tot het internationale telefoonverkeer. In het begin had het station in Lessive een capaciteit van bijna 100 telefoonkanalen, die gebruikt werden voor verbindingen met de Verenigde Saten, Canada, Zaïre en Israël. Met sommige landen is het telefoonverkeer niet zo intensief, en het is daarom ook niet ekonomisch hiervoor continu verbindingen ter beschikking te hebben. Daarom werd in 1975 het grondstation uitgerust met het S.P.A.D.E.-systeem.* Nu is het mogelijk om een aantal verbindingen gecombineerd te verwerken, zodat er minder kanalen nodig zijn. In plaats van telefoongesprekken is het ook mogelijk om telex, datatransmissie (digitale informatie) of facsimile te verwerken.
Zoals eerder vermeld heeft de Intelsat IV A een capaciteit van 6 000 verbindingen, ook wel circuits genoemd. Door twee antenne's op de satelliet een hoek van 90° met elkaar te laten maken (polariseren), kunnen alle frequenties twee maal worden gebruikt. Voor het zenden en ontvangen van de gesprekken zijn twee frequenties nodig. Door de grote afstand tussen de aarde en de satelliet, ca. 36 000 km, is het signaal dat de aarde bereikt zeer verzwakt, tot een fractie van een duizendste volt. Hierdoor heeft de grote reflectorantenne een speciale constructie gekregen, werkend volgens het Cassegrain-principe. De zwakke signalen worden door de grote schotel weerkaatst naar het kleine bolvormige reflectortje die in het brandpunt van de grote spiegelantenne is opgehangen. De aldus geconcentreerde signalen gaan door de trechter naar de eigenlijke antenne.

Om de zwakke signalen ruisvrij te versterken, wordt gebruik gemaakt van een speciale techniek die in dit soort ontvangststations vrijwel altijd wordt toegepast. Wanneer namelijk een signaalgeleider sterk onderkoeld wordt, neemt de elektrische weerstand af. Om nu een weerstand te behalen die vrijwel nihil is, moet de geleider afgekoeld worden tot enkele graden boven het absolute nulpunt; in dit geval ligt de temperatuur 15° boven dit uiterst, dus op −257°C. Een geleider die vrijwel geen weerstand meer bezit heeft ook een lage eigen ruiswaarde. Het zwakke signaal kan hierdoor makkelijk uitgevist worden en naar een speciale elektronenbuis worden gevoerd. Deze versterker vergroot het signaal dan enige honderdduizenden keren. Daarna volgen nog enkele andere versterkertrappen, waarna het signaal via kabels naar het technisch gebouw wordt gebracht. Hier worden de signalen in de controlezaal naar de juiste plaats getransporteerd. De nodige schakelhandelingen worden hier gemaakt, waarna de verbinding verder gaat naar het internationaal schakelcentrum in Brussel. Vandaaruit gaat het signaal naar de abonnee die het gesprek ontvangt.
In omgekeerde richting volgt het signaal dezelfde weg. Via de zendantenne die in dezelfde schotelantenne gemonteerd is, wordt het versterkte signaal met een vermogen van 1,3 kW de ruimte ingestuurd. Wanneer bijv. een verbinding wordt aangevraagd naar Auckland in Nieuw Zeeland, moet er van twee satellieten gebruik worden gemaakt. Drie grondstations zijn nodig om de satellieten te koppelen nl. Lessive, Bangkok of Manilla en Auckland.
Om deze verbindingen onder alle omstandigheden goed te volbrengen worden zeer zware eisen gesteld aan de reflectorantenne. Bij een windsnelheid van 100 km/h kan het automatische volgsysteem alle afwijkingen van de antenne nog corrigeren. Boven de 110 km/h wordt de schotel in horizontale stand vastgesjord. Een windhoos tot 190 km/h kan zonder blijvende beschadiging worden doorstaan.

Uitbreiding

In Lessive, en niet alleen daar, staat een uitbreiding van de capaciteit alweer voor de deur. Een kleine schotelantenne staat vlak achter zijn grote collega opgesteld. Deze veel kleinere reflectorantenne is gericht op de Intelsat V, de volgende generatie communicatiesatellieten. De verbindingen verkeren nog in een experimenteel stadium, waarin de universiteit van Leuven samen met de R.T.T. (de Belgische P.T.T.) de onderzoekingen verrichten. In 1982 zal de nieuwe Intelsat-generatie een feit zijn. Binnen vijf jaar moet de huidige capaciteit verdubbeld zijn. De geschatte levensduur die bij de bouw werd beraamd is 15 jaar, zodat de helft van de levensduur nu al verstreken is.

*S.P.A.D.E. betekent: Single-channel-per-carrier Puls-code-modulation, multiple Access, Demand-assigment Equipment. Het is dus een speciale techniek in de telecommunicatie.

STERRETJES

Kleine niet commerciële advertenties. Abonnees: gratis; Voor niet-abonnees *f* 5,00 voor de eerste 10 regels of gedeelte daarvan, elke regel meer *f* 0,50.

Te koop aangeboden:

* Te koop wegens aanschaf grotere kijker Polarex refractor D 75 mm F 1200 mm, parall. montering voorzien van deelcirkels, fijnregeling op beide assen en elektrische aandrijving, stabiel houten statief. Toebehoren: zoeker, oculairen 18, 7, 4, en 12,5 mm, maanfilter, zonneprojectieset, camera-adapter met P-draad, beugels voor een telelens op de kijker. Alles in zeer goede staat, geleverd in originele houten draagkist. Prijs *f* 1295,– afgehaald. E. M. van der Sijde, Keurvorstlaan 79, Arnhem. tel. 085-217106, alleen in de weekends. *A1

* Jaargangen Zenit: 1974 (niet kompleet), 1975, 1976, 1977, 1978, 1979 (en evt. ged. 1980). Inl. tel. nr. 05780-16965. J. Meijer, Meidoornstr. 44, Epe (Gld), 8162 VG. *A2

* Fujica ST-605n kleinbeeldspiegelreflex met fujinon I:2,2; f = 55 mm en Jena tele-objektief I:3,5; f = 135 mm, beide in zeer goede staat (1½ jr oud), met set tussenringen, skylight + UV filter, leren tas, schoonmaakset, enz. *f* 30,–, telefoon 01807-18624. *A3

* 15 cm, f/4,5 Newton-telescoop op zware parall. vorkmontering. Uniek in Nederland. Prijs: *f* 800,–. Voor alle inlichtingen tel. 075-177131. *A4

* Dynamax Schmidt-Cassegrain 20 cm, F 2110 mm, incl. regelbare electr. aandrijving met 3 oculairen, zenith-prisma, zoeker 8 × 50, camera-adapter en zware aluminium driepoot, 1 jaar oud, praktisch ongebruikt. Prijs nader overeen te komen. Logie Ludwig, Warande 7, 8938 Elverdinge, België, tel. 057/42.28.82. *A5

* Te koop: z.g.a.n. 11 boekdelen Life Fotografie *f* 22,– p.d. en jaargangen maandblad Foto 1976-77-78. P. Winterberg 076-875504. *A6

* Celestron C8, met speciale coating, parallactische wig, statief, frequentie-regeling op 220 V en 12 V accu, 12,5 mm oculair met verlichte kruisdraden, verder oculairen 5, 9, 18, 25 en 40 mm, zenithprisma en omkeerprisma. Totaal *f* 3000,– F. de Jager, Amundsenlaan 45 Eindhoven, 040-437193. *A7

* Niet gebonden complete jaargangen van Zenit: 1975/1976/1977/1978/1979/1980. Prijs n.o.t.k. F.J.A. De Brouwer. tel. 020-312715 na 19.00 uur. *A8

* Polaris BS 60 refractor. objectief 60 mm, brandpuntsafstand 1000 mm. Samen met zenitprisma, barlowlens en oculair SR 4 voor *f* 130. Door de kartonnen buis en focuseerinrichting zeer goed geschikt als volgkijker voor een kijker op zwakke montering. Ook goed voor een beginnend amateur. Geen opstelling. Eventueel te ruil tegen volgmotor voor 115 mm Newton van Ganymedes. Porto wordt gedeeld. Reinier de Vlaam, Waalre, 04904-3984. *A9

Te koop gevraagd:

* Het boek (uit de vorige eeuw): Handleiding tot de kennis der Sterrenbeelden, met sterrenkaart, door A. J. van Deinse, ter overname of in copievorm. A. J. Lindemann, Piksenbrink 276, 7544 BP Enschede, tel. 053-763852. *G1

* Achromatische lens 60 of 80 mm, f/4 of f/5; F. van Schaik, tel. 030-884171. *G2

Diversen:

* Informatie gevraagd over de Twentse historie van de astronomie. Tevens hulp gevraagd bij het vertalen van een proefschrift over sterrenkunde dat in het Latijn geschreven is. A. J. Lindemann, Piksenbrink 276, 7544 BP Enschede, tel. 053-763852. *D1

* Trillingsvrije servomotor met slipkoppeling, 6 instelbare rotatiesnelheden met accu-klemmen + sektor, op plank met cameraklem. Ongebruikt, verpakt in doos. Richtprijs *f* 175,–. Verder oude jaargangen Hemel en Dampkring 1948-63/1966-72 met supplementen, Sterrengidsen 1950-72, Sky and Telescope 1979-80, Zenit 1974-79. Prijs in overleg. Bovendien: komplete zw/wit en kleur doka (4 maanden oud). Opemus 4 met kleurenkop. Durst Comask, Durst Coltim, Jobodrum 4530, Uniroller, Timer. Met garantiebewijs. Richtprijs: *f* 675,–. L. P. Steinberk, Oberonstr. 51, 1183 PD Amstelveen, tel. (na 18 uur) 020-452421. *A10

* Reflector 11 cm op paral. montering, F 900 mm, oculairen H5, H10 en H20, barlowlens, zon- en maanfilter, camera-adapter en camerahouder. Vraagprijs *f* 450,–. A. Vermetten, Akkerstr. 93, Tilburg. *A11

NAMEN EN ADRESSEN

Nederland

Stichting 'De Koepel'
Voorzitter: Dr. T. de Groot
Sekretaris: Ir. D. de Hoop
Penningmeester: K. J. van Amerongen
Leden: W. Gielingh, Dr. P. J. Gathier, H. D. Cotterell, G. Schilling en E. K. Wubbena
Adres sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Bureau 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht, telefoon 030-311360
Stafmedewerker:
Drs. M. M. A. Drummen
Stafmedewerker: F. Reijmerink
Administrateur:
H. G. M. Verstappen
Sekretaresse: mevrouw J. D. van Middelkoop-Alberts
Redactieadres ZENIT:
Bureau 'De Koepel'

Nederlandse Vereniging voor Weer- en Sterrenkunde
Voorzitter: E. K. Wubbena, Sekretaris: A. H. van der Brugge. Adres: Einsteinstraat 9, 2871 KW Schoonhoven. Penningmeester: S. J. Sampiemon. Leden: T. de Groot, H. R. A. Wessels, H. W. Verheijen, consul voor de afdelingen, W. F. Gielingh, B. W. M. van Sprang, K. C. J. van den Ende

Instrumentenkommissie:
Voorzitter: C. van Essen, Westlandseweg 5, 2624 AA Delft
Sekretaris: A. Walrecht, Runmolen 33,
1833 GH Alkmaar, tel. 072-113559

Stichting Volkssterrenwacht Simon Stevin
Voorzitter: prof. dr. C. de Jager
Sekretaris: Dr. P. J. Gathier, Oosteinde 183, 2271 EE Voorburg
Penningmeester: K. J. van Amerongen
Leden: P. A. M. Sanders, J. A. F. de Rijk, drs. Chr. Titulaer, mr. P. van Vollenhoven

Volkssterrenwacht Simon Stevin, 4741 SK Hoeven N.B., Bovenstraat 89, telefoon 01659-2439
Directeur: Th. M. Vermeesch
Medewerker: J. Jacobs
Medewerker: A. Edelbroek

Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart
Sekretariaat: Nachtegaalstraat 82-bis, 3581 AN Utrecht

Werkgroepen:
Meteoren
Secretaris: P. S. M. Nieskens, van Geerstraat 3, 2351 PL Leiderdorp
Sectie Beginners en visuele sectie: J. v.d. Laan, W. Schuylen-burglaan 23, 3571 SB Utrecht; tel.: 030-719649
Visuele sektie:
W. Boland, Damstraat 27, 3531 BR Utrecht
Veranderlijke Sterren
Sekretaris: G. Comello, Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn, Postbus 800, 9700 AV Groningen. Tel. 050-116677

Weer-amateurs
Sekretaris: W. Brinksma, Strausslaan 436, 2551 NK Den Haag
Jongerenwerkgroep
Sekretaris: Charles Versnick, Dr. Lelylaan 5, 1271 LG Huizen
Bureau van de JWG: B. van Sprang, Prunuslaan 13, 2641 AW Pijnacker
Sterbedekkingen
Voorzitter/waarnemingsleider: D. Schmidt, Groen van Prinstererlaan 25, 1272 GB Huizen, tel. 02152-51982; secretaris: J. J. B. van Eijk van Voorthuijsen, Abel Tasmankade 9, 2014 AD Haarlem, tel. 023-241781
Kunstmanen
Sekretaris: G. A. Nehrstede, Rietvoorndaal 43, 2553 NJ 's-Gravenhage, tel. 070-230564
Kometen
Sekretaris: E. P. Bus, Oosterbadstraat 24, 9726 CL Groningen, tel. 050-134211
Instrumentenbouw
Groepsleider: H. G. J. Rutten, Boerenweg 32, 5944 EK Arcen

Fotografie
J. Gijsbers, Duizelseweg 14, 5521 AC Eersel
Algemene sterrenkunde
P. W. Jannink (secr.), François Mauriceweg 117, 3731 BB De Bilt, tel. 030-764270
Zon
R. J. Brotherhood, Leeuweriklaan 25, 2566 JC Den Haag. Tel. 070-553843 of 070-716752 (werkdagen)

Landelijke Samenwerkende Volkssterrenwachten
Voorzitter: J. B. Voet, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan
Sekretaris: H. D. Cotterell, Peerdsbroek 45, 4824 BL Breda, tel. 076-410735
Penningmeester: B. Mastenbroek
Aangesloten volkssterrenwachten
– Bussloo, Bussloselaan 4, 7383 RP Bussloo, Voorst (Gld.) tel. 05716-577
– Copernicus, Overtonstraat 47, 2024 XJ Haarlem, tel. 023-253571
– Drenthe, Postbus 188, 7800 AD Emmen, tel. 05910-23662
– Hercules, Sittarderweg 149, 6412 CE Heerlen, tel. 045-721412
– Philippus Lansbergen, Herengracht 52, 4331 PX Middelburg, tel. 01180-11664
– Rijswijk, Petronella Voûtestraat 389, 2286 VB Rijswijk Z.H., tel. 070-931143
– Twentse Volkssterrenwacht, Mekkelhorsterstraat 45, 7591 NA Denekamp, tel. 05413-2223
– Saturnus, Frans Halsstraat 4, 1701 JL Heerhugowaard, tel. 02207-17323
– Vesta, Zuideinde 195, 1511 GD Oostzaan, tel. 02984-1468

Overige instellingen
Volkshogeschool Overcinge, Overcingelaan 5, 7971 RC Havelte, tel. 05214-1541 of 1407
Natuurmuseum Coenraad ter Kuile, M. H. Tromplaan 19, 7511 JJ Enschede, tel. 053-323409

Stichting Macro Centrum Amsterdam, Nieuwe Teertuinen 17, Postbus 9020, 1006 AA Amsterdam, tel. 020-866032
Stichting Amateur Astronomie Lochem, S.A.A.L. Volkssterrenwacht 'Phoenix'. Edwin Bennett (secr.) tel. 05730-1013.

België

V.V.S. Vereniging voor Sterrenkunde
Bestuur
Voorzitter: Dr. T. Dethier, Roosterstraat 6, 3510 Hasselt
Ondervoorzitter: Lic. J. Meeus
Sekretaris: Dr. W. de Rop, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Penningmeester: Dr. J. Denoyelle, Ringlaan 3, 1180 Brussel
Postrekening van de V.V.S.: 000-0484925-22
JVS-nationaal: p/a G. Speleers, Bergstraat 40, 8570 Anzegem (tel.: 056/688745)

Werkgroepen (adressen van de werkleiders)
Astrofotografie: Luc Vanhoeck, Violetstraat 13, 2670 Puurs
Kunstmanen: I. van den Broeck, Waarloossteenweg 35, 2570 Duffel
Meteoren: P. Roggemans, Dellingstraat 25, 2800 Mechelen.
Planeten: A. A. Verschraegen, Lindenpark 26, 9720 De Pinte.
Ruimtevaart: Dr. E. Aerts, BIRA, Ringlaan 3, 1180 Brussel (tel. 02/3752462)
Sterbedekkingen: R. Laureys, Herestraat 5, 3721 Vliermaalroot.
Veranderlijke Sterren: F. van Loo, Lierse steenweg 66, 2598 Itegem (tel. 015/246248)
Weerkunde: L. Landuyt, Beatrijsstr. 9, 2580 Sint-Katelijne-Waver
Zon: C. Vanderzande, Laurierstraat 18, 3500 Hasselt
Prometheus (strijd tegen de pseudowetenschappen):
Lic. J. M. Gantois, Nelelaan 13, 2120 Schoten.
Redactie Heelal en Hemelkalender en inlichtingen over klassieke hemelverschijnselen:
J. Meeus, Heuvestraat 31, 3071 Erps-Kwerps

Volkssterrenwachten België
Mira, Abdijstr. 20, 1850 Grimbergen (Brussel), tel. 022-691280
Peter Plancius, Streekhuis, Dorpsstraat 12, 8948 Kemmel, tel.: 057-444710
Urania, Mattheessenstraat 62, Hove bij Antwerpen, tel. 031-553422
Limburg, Nieuwstr. 101, 3600 Genk

Cursus Radiosterrekunde

In februari 1981 zal er op de Volkssterrewacht Simon Stevin in Hoeven wederom een cursus RADIO STERREKUNDE van start gaan.
In principe kan iedereen aan deze cursus deelnemen alhoewel het gewenst is dat men enige kennis van sterrekunde bezit.
De cursus bestaat uit 5 lessen, die op de Volkssterrewacht worden gegeven op een vrijdagavond van 20.00 uur tot 22.00 uur.

13 febr. 1981. Les 1. Inleiding; historisch overzicht; verhouding tot de optische sterrekunde.

27 febr. 1981. Les 2. Straling in het algemeen; soorten radiostraling en hun eigenschappen.

27 mrt. 1981. Les 3. Ontvangst met enkelvoudige radiotelescopen en registraties.

10 apr. 1981. Les 4. Interferometrie; de radiotelescopen van Westerbork.

24 apr. 1981. Les 5. Enkele objecten (Melkweg, Zon, Krabnevel, Cygnus A, Pulsars en Quasars).

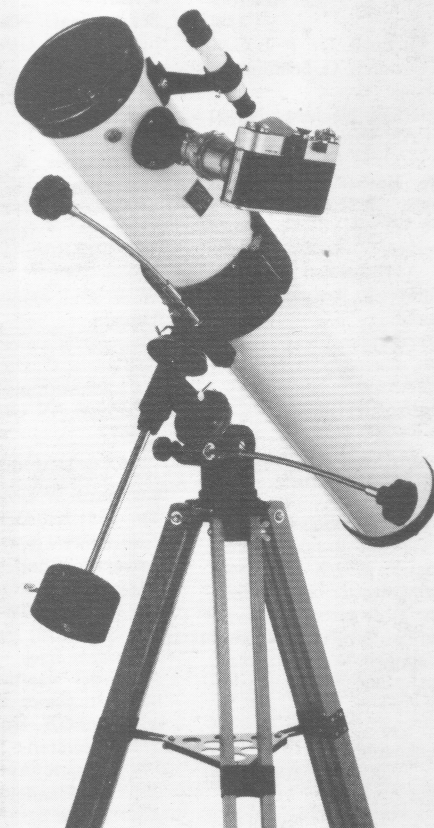
Het cursusgeld bedraagt ƒ55,– inclusief een uitgebreide samenvatting. Inschrijfformulieren kan men aanvragen bij de Volkssterrewacht Simon Stevin Bovenstraat 89, 4741 SK Hoeven. Alle aanmeldingen moeten binnen zijn vóór 1 februari a.s.

Nationale Sterrenkijkdag 1981 13 en 14 maart

Stichting 'De Koepel' nodigt u hierbij uit deel te nemen aan de Nationale Sterrenkijkdag 1981, die dit keer tegelijk in België en Nederland gehouden wordt. Iedereen die de beschikking heeft over een teleskoop kan alleen of (liever nog) samen met anderen in zijn of haar buurt op vrijdag 13 én zaterdag 14 maart de instrumenten opstellen ten behoeve van het kijklustige publiek. Als het op die avonden helder weer is zijn onder andere de planeten Jupiter en Saturnus te zien en is de Maan ongeveer in eerste kwartier.
Mocht het onverhoopt bewolkt zijn dan wordt u verzocht indien mogelijk een alternatief te bieden aan de belangstellenden.
Gaarne zo spoedig mogelijk aanmelden bij Stichting 'De Koepel', Nachtegaalstraat 82bis, 3581 AN Utrecht, tel. 030-311360. Voor België: F. Verbelen, Groenstraat 83, 1800 Vilvoorde, tel. 02/251-1298. Op deze adressen kunt u ook nadere informatie krijgen.

POLAREX, POLLUX, CELESTRON, KYOWA

SPECIALE AANBIEDING POLLUX 11½ cm NEWTON TELESCOOP
Een éénmalige aanbieding om in het bezit te komen van een lichtsterke 11½ cm Newton telescoop, zie de test van deze teleskoop in Zenit nr 7/8.
Deze teleskoop die een brandpuntsafstand heeft van 900 mm is uitgerust met een zoeker van 5 × 20 mm, vangspiegel 25 × 35 mm oculair H 5 mm en H 20 mm, zonnefilter en zonnediafragma kost normaal *ƒ 625,—* nu éénmalig voor de prijs van ***ƒ 525,—*** franco huis.



Leverbare accessoires voor deze telescoop:
Diverse andere oculairen in verschillende prijsklassen.
Synchroonmotor 220 V ƒ 195,—
Filters in diverse prijsklassen.
Koppelstukken naar diverse camera's.

POLAREX TELESCOPEN

50 mm azimuthaal telescoop model NS 105 met oculairen: 9 mm, 12½ mm, 18 mm.
Zenithprisma en zonnefilter — ƒ 580,—

50 mm parallactische telescoop model NS 105 E met oculairen: 9 mm, 12½ mm, 18 mm.
Zenithprisma, zonnefilter — ƒ 735,—

60 mm azimuthaal telescoop model NS 114 met oculairen: 9 mm, 12½ mm, 18 mm en 25 mm.
Zenith-prisma en zonnefilter in houten kist voor de optiek — ƒ 800,—

65 mm parallactische telescoop model NS 128 met oculairen: 7 mm, 9 mm, 12½ mm, 18 mm en 25 mm.
Zenithprisma, omkeerprisma en zonnefilter in twee houten kisten — ƒ 1.300,—

75 mm azimuthaal telescoop model NS 129 met oculairen: 7 mm, 9 mm, 12½ mm, 18 mm en 25 mm.
Zenithprisma, omkeerprisma en zonnefilter in houten kist voor de optiek — ƒ 1.200,—

75 mm parallactische telescoop model NS 131 met oculairen: 7 mm, 9 mm, 12½ mm, 18 mm en 25 mm.
Zenithprisma, omkeerprisma, zonnefilter, zonneprojektieset in twee houten kisten — ƒ 1.990,—

100 mm azimuthaal telescoop model NS 134 met oculairen: 6 mm, 7 mm, 9 mm, 12½ mm, 18 mm en 25 mm.
Zenithprisma, omkeerprisma en zonnefilter in houten kist voor de optiek — ƒ 2.160,—

100 mm parallactische telescoop model NS 132 met oculairen: 6 mm, 7 mm, 9 mm, 12½ mm, 18 mm, 25 mm en 40 mm.
Zenithprisma, omkeerprisma, zonnefilter, zonneprojektieset in twee houten kisten — ƒ 3.620,—

Onderdelen
Azimuthaal monteringen vanaf ƒ300,—
Parallactische monteringen vanaf ƒ 630,—
Synchroonaandrijvingen Polarex vanaf ƒ 320,—
Objektieven vanaf ƒ 85,—
Focuseerinrichtingen vanaf ƒ 45,—
Polarex oculairen vanaf ƒ 26,—.

POLLUX TELESCOPEN
Uit voorraad leverbaar diverse modellen zowel azimuthaal als parallactisch in objektief doorsnede van 50, 60, 70, 76, 80 en 100 mm.

CELESTRON TELESCOPEN
CELESTRON C 90 F 1000 mm (Maksutov) vanaf ƒ 975,—
CELESTRON C 5 F 1250 mm (Cassegrain) vanaf ƒ 2.600,—
CELESTRON C 8 F 2000 mm (Cassegrain) vanaf ƒ 3.600,—
CELESTRON C 11 F 2750 mm (Cassegrain). Nu binnen enkele weken te leveren. Vraag de speciale introduktieprijs. Celestron heeft een unieke serie telephotolenzen, panoramakijkers, onderdelen voor de Celestron telescopen e.d. Vraagt U eens de speciale Celestron documentatie aan die U op Uw verzoek gratis wordt toegezonden of bezoekt U eens onze showrooms die iedere werkdag geopend zijn van 9.00 tot 17.00 uur en op zaterdag van 10.00 uur tot 13.00 uur.

POLARIS WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN
Officieel importeur van:
CELESTRON telescopen en onderdelen
POLAREX telescopen en onderdelen
POLLUX telescopen onderdelen en prismakijkers
KYOWA mikroskopen en onderdelen.
Verder vertegenwoordigen wij o.a. Sky publishing co en zijn de meeste boeken en atlassen uit voorraad leverbaar.

POLARIS WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN
Bovenkerkerkade 62, Amstelveen Zuid.
Tel.020-416026 na 20.00 uur 020-471653

Voor België
JOH. DIRICKX OPTIEK
Nederkouter 73 Gent
tel. 0.91.25 78 78